

JP 2004-213638 A 2004.7.29

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2004-213638

(P2004-213638A)

(43)公開日 平成16年7月29日(2004.7.29)

(51)Int.Cl.⁷
G05D 16/02
F16K 31/04

F 1
G05D 16/02
F16K 31/04
F16K 31/04

チーマコード(参考)
3H062
5H316

審査請求 未請求 請求項の数 19 O.L. (全 44 頁)

(21)出願番号 特願2003-414383 (P2003-414383)
(22)出願日 平成15年12月12日 (2003.12.12)
(31)優先権主張番号 特願2002-367420 (P2002-367420)
(32)優先日 平成14年12月19日 (2002.12.19)
(33)優先権主張国 日本国 (JP)

(71)出願人 390033857
株式会社フジキン
大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号
(71)出願人 000205041
大見 忠弘
雪城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-
301
(74)代理人 100082474
弁護士 杉本 丈夫
大見 忠弘
雪城県仙台市青葉区米ヶ袋2丁目1番17
-301号
(72)発明者 西野 功二
大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号
株式会社フジキン内

最終頁に続く

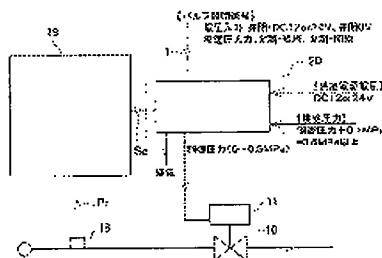
(54)【発明の名称】流体通路の閉鎖方法及びウォータハンマーレスバルブ装置及びウォータハンマーレス閉鎖装置

(57)【要約】

【課題】 極く簡単な装置や操作により、ウォータハンマーを生ずることなしに、しかも短時間内に、流体通路を緊急閉鎖できるようにする。

【解決手段】 流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブとアクチュエータ作動式バルブへ二段階状のアクチュエータ作動圧P_aを供給する電空変換装置と、前記アクチュエータ作動式バルブの上流側管路に着脱自在に固着した振動センサと、振動センサにより検出した振動検出信号P_rが入力されると共に電空変換装置へ前記二段階状のアクチュエータ作動圧P_aのステップ作動圧P_{s'}の大きさを制御する制御信号S_cを出力し、当該制御信号S_cの調整により電空変換装置から振動検出信号P_rがほぼ零となるステップ作動圧P_{s'}の二段階状のアクチュエータ作動圧P_aを出力させるチューニングボックスとからウォータハンマーレス閉鎖装置を構成する。

【連続図】 図17



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

管路内圧が略一定の流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を閉鎖する方法に於いて、先ず前記アクチュエータへの駆動用入力を所定の設定値にまで増加若しくは減少させて弁体を閉弁方向へ移動させ、アクチュエータへの駆動用入力を前記設定値に短時間保持したあと、当該駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全閉状態にすることにより、ウォータハンマーを起生することなしに流体通路を閉鎖することを特徴とする流体圧が略一定の流体通路の閉鎖方法。

【請求項 2】

管路内圧が略一定の流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を閉鎖する方法に於いて、先ず前記アクチュエータへの駆動用入力を増加若しくは減少させ、弁体を閉弁方向へ移動させることによりバルブストロークを所定の設定値近傍に保持し、次に、当該バルブストロークを設定値に短時間保持したあと、前記駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全閉状態にすることにより、ウォータハンマーを起生することなしに流体通路を閉鎖することを特徴とする流体圧が略一定の流体通路の閉鎖方法。
10

【請求項 3】

管路内圧が一定でない流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を緊急閉鎖する方法に於いて、先ず前記アクチュエータへの駆動用入力を増加若しくは減少させ、弁体を閉弁方向へ移動させることによりバルブストロークを所定の設定値近傍に保持し、次に、当該バルブストロークを設定値に短時間保持したあと、前記駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全閉状態にすることにより、ウォータハンマーを起生することなしに流体通路を閉鎖することを特徴とする流体圧が一定でない流体通路の閉鎖方法。
20

【請求項 4】

バルブを常時閉鎖型空気圧作動式ダイヤフラムバルブ又はバルブの作動時にバルブ内容積が変化しない定容積、常時閉鎖型空気圧作動式ダイヤフラムバルブとした請求項 1、請求項 2 又は請求項 3 に記載の流体通路の閉鎖方法。

【請求項 5】

バルブの閉鎖時間を極短時間とすると共に流体通路の圧力上昇値をバルブ閉鎖前の圧力値の 10 %以内とするようにした請求項 1、請求項 2、請求項 3、又は請求項 4 に記載の流体通路の閉鎖方法。
30

【請求項 6】

バルブ本体と、バルブ本体を駆動するアクチュエータと、アクチュエータへ入力する駆動力を調整する自動駆動力制御器と、バルブ本体のバルブストロークを検出するバルブストローク検出器と、バルブ開閉指令信号 S とバルブストローク検出信号 S_p とバルブストロークの設定信号 S_G とが入力されると共に前記自動駆動力制御器へ駆動力制御信号 S_R を出力し、アクチュエータを介してバルブ本体のバルブストロークを設定値に短時間保持したあとバルブ本体を全閉にする制御回路と、から構成した流体通路閉鎖用のウォータハンマレスバルブ装置。

【請求項 7】

バルブ本体をダイヤフラム式バルブとすると共にアクチュエータを空気圧作動式アクチュエータとするようにした請求項 6 に記載のウォータハンマレスバルブ装置。
40

【請求項 8】

バルブ本体を常時閉鎖型ダイヤフラム式バルブとすると共にアクチュエータを空気圧作動式アクチュエータとし、更に制御回路のバルブ全閉時間を極短時間としたようにした請求項 6 又は請求項 7 に記載のウォータハンマレスバルブ装置。

【請求項 9】

バルブ本体と、バルブ本体を駆動するアクチュエータと、アクチュエータへ入力する駆動力
41

クの設定信号 S_G とが入力されると共に前記自動駆動力制御器へ駆動力制御信号 S_R を出力し、アクチュエータを介してバルブ本体のバルブストロークを設定値に短時間保持したあとバルブ本体を全閉にする制御回路とから成るウォータハンマーレスバルブ装置と、一次側流路の流体圧を検出する圧力検出センサと、前記圧力検出センサからの流体通路内圧の圧力検出信号 P_1 と閉鎖時間検出センサからの閉鎖時間検出信号 T と許容圧力上昇値設定信号 P_M と閉鎖時間設定信号 T_S が入力されると共に、前記圧力検出信号 P_1 と許容圧力上昇値設定信号 P_M との比較及び閉鎖時間検出信号 T と閉鎖時間設定信号 T_S との比較を行なう比較回路と、閉鎖時間に対応した圧力上昇値とストローク設定値の関係データを保持する記憶回路と、比較回路に於ける比較結果から許容圧力上昇値設定信号 P_M と閉鎖時間設定信号 T_S に最適のストローク設定値を選択する演算回路とを備えた演算記憶装置¹⁰、とから構成したことを特徴とする流体通路のウォータハンマーレス閉鎖装置。

【請求項 10】

ウォータハンマーレスバルブ装置の制御回路を、閉鎖時間設定信号 T_S が入力され、バルブ本体の閉弁作動時に於けるアクチュエータの作動速度の調整により流体通路の閉鎖時間を制御可能な構成とした請求項 9 に記載の流体通路のウォータハンマーレス閉鎖装置。

【請求項 11】

バルブ本体と、バルブ本体を駆動するアクチュエータと、バルブ上流側配管路に着脱自在に固定した振動センサーと、バルブ開閉指令信号が入力されると共に、そのデータ記憶部に予かじめ記憶された制御信号 S_c によりアクチュエータへ入力するアクチュエータ作動圧 P_a を制御する電空変換制御装置と、前記振動センサーからの振動検出信号 P_r とアクチュエータへ供給するステップ圧力設定信号 P_s とステップ圧力の保持時間設定信号 T_s と許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} とが入力されると共に前記振動検出信号 P_r と許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} との比較を行ない、前記ステップ圧力設定信号 P_s を修正する比較演算回路を備え、前記保持時間設定信号 T_s 及び修正されたステップ圧力設定信号 P_s から成る制御信号 S_c を前記電空変換制御装置のデータ記憶部へ出力する演算制御装置とから構成したことを特徴とするウォータハンマーレス閉鎖装置。²⁰

【請求項 12】

演算制御装置を、ステップ圧力設定回路と保持時間設定回路と許容上限振動圧力設定回路と振動圧検出回路と比較演算回路とから構成すると共に、アクチュエータ作動圧をステップ変化させた直後の振動検出信号 P_r が許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} を越えた場合には、ステップ圧力設定信号 P_s を上昇する方向に、また、アクチュエータ作動圧を中間のステップ作動圧から零とした直後の振動検出信号 P_r が許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} を越えた場合には、ステップ圧力設定信号 P_s を下降させる方向に夫々修正する構成とした請求項 11 に記載のウォータハンマーレス閉鎖装置。³⁰

【請求項 13】

電空変換制御装置を、演算制御装置からの制御信号 S_c を記憶するデータ記憶部と信号変換部と電空変換部とから構成すると共に、データ記憶部に予かじめ記憶されたウォータハンマーを生じないときの制御信号 S_c' に基づいて信号変換部からアクチュエータ作動圧制御信号 S_e を出力し且つ電空変換部からアクチュエータ作動圧 P_a を出力する構成とした請求項 11 に記載のウォータハンマーレス閉鎖装置。⁴⁰

【請求項 14】

流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブと、アクチュエータ作動式バルブへ二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a を供給する電空変換装置と、前記アクチュエータ作動式バルブの上流側管路に着脱自在に固定した振動センサーと、振動センサにより検出した振動検出信号 P_r が入力されると共に電空変換装置へ前記二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a のステップ作動圧 P_s' の大きさを制御する制御信号 S_c を出力し、当該制御信号 S_c の調整により電空変換装置から振動検出信号 P_r がほぼ零となるステップ作動圧 P_s' の二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a を出力させるチャーニングボックスとから構成したウォータハ

(4)

JP 2004-213638 A 2004.7.29

流体通路に介設したアクチエータ作動式バルブの上流側に振動センサを着脱自在に取り付け、振動センサからの振動検出信号 P_r をチューニングボックスへ入力すると共に、チューニングボックスからの制御信号 S_c を電空変換装置へ入力し、前記制御信号 S_c によって電空変換装置に於いて発生した二段階状のアクチエータ作動圧 P_a をアクチエータへ供給してアクチエータ作動式バルブを2段階作動により閉鎖するようにした流体通路の閉鎖方法に於いて、前記チューニングボックスに於いてアクチエータへ供給する二段階状のアクチエータ作動圧 P_a と振動検出信号 P_r との相対関係を対比し、1段目のアクチエータ作動圧 P_a の低減時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を上昇させ、また、2段目のアクチエータ作動圧 P_a の低減時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を下降させ、前記ステップ作動圧 P_s' の上昇又は下降による調整を複数回繰り返すことにより、振動検出信号 P_r がほぼ零となる2段階状作動圧 P_a のステップ作動圧 P_s' を求め、当該振動発生がほぼ零となるステップ作動圧 P_s' の2段階状の作動圧 P_a を電空変換装置から出力させるとときの制御信号 S_c のデータに基づいて、前記アクチエータ作動式バルブを閉鎖するようにしたことを特徴とする流体通路の閉鎖方法。19

【請求項 16】

流体通路に介設したアクチエータ作動式バルブの上流側に振動センサを着脱自在に取り付け、振動センサからの振動検出信号 P_r をチューニングボックスへ入力すると共に、チューニングボックスからの制御信号 S_c を電空変換装置へ入力し、前記制御信号 S_c によって電空変換装置に於いて発生した二段階状のアクチエータ作動圧 P_a をアクチエータへ供給してアクチエータ作動式バルブを2段階作動により閉鎖するようにした流体通路の閉鎖方法に於いて、前記チューニングボックスに於いてアクチエータへ供給する二段階状のアクチエータ作動圧 P_a と振動検出信号 P_r との相対関係を対比し、1段目のアクチエータ作動圧 P_a の上昇時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を下降させ、また、2段目のアクチエータ作動圧 P_a の上昇時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を上昇させ、前記ステップ作動圧 P_s' の下降又は上昇による調整を複数回繰り返すことにより、振動検出信号 P_r がほぼ零となる2段階状作動圧 P_a のステップ作動圧 P_s' を求め、当該振動発生がほぼ零となるステップ作動圧 P_s' の2段階状の作動圧 P_a を電空変換装置から出力させるとときの制御信号 S_c のデータに基づいて、前記アクチエータ作動式バルブを閉鎖するようにしたことを特徴とする流体通路の閉鎖方法。20

【請求項 17】

振動発生がほぼ零となる2段階状の作動圧 P_a を出力させるとときの制御信号 S_c のデータを電空変換装置の記憶装置へ入力したあと、振動センサ及びチューニングボックスを取り外しするようにした請求項15又は請求項16に記載の流体通路の閉鎖方法。

【請求項 18】

振動センサをアクチエータ作動式バルブの設置位置から1000mm以内の上流側位置に設けるようにした請求項15又は請求項16に記載の流体通路の閉鎖方法。

【請求項 19】

2段階状の作動圧 P_a のステップ作動圧保持時間 t を1秒より小さく設定するようにした請求項15又は請求項16に記載の流体通路の閉鎖方法。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体通路の緊急閉鎖時に於けるウォータハンマーの発生を完全に防止できるようにウォータハンマー発生防止システムの改良に関するものであり、流体圧力の大小に拘わらずに流体通路を、ウォータハンマーを生ずることなしに迅速且つ確実に閉鎖できるようにした流体通路の閉鎖方法と共に用いるウォータハンマーレスバルブ装置及びウォータハンマーレス閉鎖装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

水等の液体が流通する通路を急激に閉鎖すると、閉鎖箇所より上流側の通路内圧が振動50

的に上昇する所謂ウォータハンマーが起生することは、広く知られた事象である。

また、当該ウォータハンマーが生ずると、上流側通路の内圧上昇により、これに接続されている機器・装置類が破損する等の様々な不都合が起生する。

【0003】

そのため、ウォータハンマーの発生を防止する方策については従前から各種の技術が開発されている。

しかし、何れの技術も基本的には（1）流体通路の閉鎖時間を長目に設定するか、或いは（2）通路内に発生した振動圧力をバイパス通路を開放して外部へ逃がしたり、別途に設けたアクチュエータ内へ吸収すると云うものであり、前者の方法では流体通路の閉鎖に時間が掛かって緊急閉鎖の要請に対応することができず、また後者では、付帯設備費が高騰する問題がある。¹⁰

【0004】

更に、上記ウォータハンマーに係る問題は、これ迄比較的大流量の流体を取り扱う産業分野で主に問題とされて来たが、近年では、小流量の流体を取り扱う分野、例えば半導体製造に於けるシリコンの湿式酸化膜処理の分野や薬品製造の分野等に於いても、設備の保全や製品品質の向上等の点から、供給流体の緊急閉鎖時に於けるウォータハンマーの発生の防止が強く要請されている。

【0005】

【特許文献1】特開平1-190235

20

【特許文献2】特開2000-10602

【特許文献3】特開2002-295705

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、従前のウォータハンマーの発生防止技術に於ける上述の如き問題、即ち（1）流体通路の遮断時間を若干長目に設定することを基本とする方策では、緊急性の要請に十分に対応出来ないこと、及び（2）振動圧力を吸収又は逃がすことを基本とする方策では、附帯設備費が高騰すること等の問題を解決せんとするものであり、流体通路に介設した弁の閉鎖を多段階動作で行なうことにより、ウォータハンマーを生ずることなしに、しかも極短時間（例えば1000 msec以内）でもって流体通路を緊急閉鎖できるようにした流体通路の閉鎖方法とこれに用いるウォータハンマーレスバルブ装置及びウォータハンマーレス閉鎖装置を提供するものである。³⁰

【0007】

また、本発明は、流体通路のウォータハンマーレス閉鎖が可能なバルブの閉鎖条件をバルブの閉鎖テストを現実に行なうことによって予かじめ求めておき、当該閉鎖条件を記憶せしめた電空変換装置によってバルブ本体のアクチュエータを作動させることにより、迅速且つ確実に流体通路のウォータハンマーレス閉鎖を可能とした流体通路の閉鎖方法と、これに用いるウォータハンマーレス閉鎖装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

40

本願発明者等は、通路閉鎖弁の弁体を閉弁手前の所定の位置まで急速移動させ、短時間経過後に弁体を閉弁位置へ移動させるようにした多段階方式による弁の閉鎖方法を着想すると共に、当該閉鎖方法を用いて数多くのウォータハンマーの発生機構の解析試験を行なった。

また、本願発明者等は前記試験の結果から、弁の閉鎖に於いて、閉弁時の第1段階の弁体停止位置を特定の範囲内の位置とすることにより、ウォータハンマーの発生が防止されることを知得した。

【0009】

V

於いて、先ず前記アクチュエータへの駆動用入力を所定の設定値にまで増加若しくは減少させて弁体を閉弁方向へ移動させ、アクチュエータへの駆動用入力を前記設定値に短時間保持したあと、当該駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全閉状態にすることにより、ウォータハンマーを起生することなしに流体通路を閉鎖することを発明の基本構成とするものである。

【0010】

請求項2の発明は、管路内圧が略一定の流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を閉鎖する方法に於いて、先ず前記アクチュエータへの駆動用入力を増加若しくは減少させ、弁体を閉弁方向へ移動させることによりバルブストロークを所定の設定値近傍に保持し、次に、当該バルブストロークを設定値に短時間保持したあと、前記駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全閉状態にすることにより、ウォータハンマーを起生することなしに流体通路を閉鎖することを発明の基本構成とするものである。
10

【0011】

請求項3の発明は、管路内圧が一定でない流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を閉鎖する方法に於いて、先ず前記アクチュエータへの駆動用入力を増加若しくは減少させ、弁体を閉弁方向へ移動させることによりバルブストロークを所定の設定値近傍に保持し、次に、当該バルブストロークを設定値に短時間保持したあと、前記駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全閉状態にすることにより、ウォータハンマーを起生することなしに流体通路を閉鎖することを発明の基本構成とするものである。
20

【0012】

請求項4の発明は、請求項1、2又は3の発明に於いて、バルブを常時閉鎖型空気圧作動式ダイヤフラムバルブ又はバルブの作動時にバルブ内容積が変化しない定容積、常時閉鎖型空気圧作動式ダイヤフラムバルブとしたものである。

【0013】

請求項5の発明は、請求項1、2、3、又は4の発明に於いて、バルブの閉鎖時間を極短時間とすると共に流体通路の圧力上昇値をバルブ閉鎖前の圧力値の10%以内とするようにしたものである。

【0014】

請求項6の発明は、バルブ本体と、バルブ本体を駆動するアクチュエータと、アクチュエータへ入力する駆動力を調整する自動駆動力制御器と、バルブ本体のバルブストロークを検出するバルブストローク検出器と、バルブ開閉指令信号Sとバルブストローク検出信号S_pとバルブストロークの設定信号SGとが入力されると共に前記自動駆動力制御器へ駆動力制御信号SRを出力し、アクチュエータを介してバルブ本体のバルブストロークを設定値に短時間保持したあとバルブ本体を全閉にする制御回路とを発明の基本構成とするものである。
30

【0015】

請求項7の発明は、請求項6の発明に於いて、バルブ本体をダイヤフラム式バルブとすると共にアクチュエータを空気圧作動式アクチュエータとするようにしたものである。

【0016】

請求項8の発明は、請求項6又は請求項7の発明に於いて、バルブ本体を常時閉鎖型ダイヤフラム式バルブとすると共にアクチュエータを空気圧作動式アクチュエータとし、更に制御回路のバルブ全閉時間を極短時間とするようにしたものである。
40

【0017】

請求項9の発明は、バルブ本体と、バルブ本体を駆動するアクチュエータと、アクチュエータへ入力する駆動力を調整する自動駆動力制御器と、バルブ本体のバルブストロークを検出するバルブストローク検出器と、バルブ開閉指令信号Sとバルブストローク検出信号S_pとバルブストロークの設定信号SGとが入力されると共に前記自動駆動力制御器へ駆動

バルブ装置と、一次側流通路の流体圧を検出する圧力検出センサと、前記圧力検出センサからの流通路内圧の圧力検出信号 P_1 と閉鎖時間検出センサからの閉鎖時間検出信号 T と許容圧力上昇値設定信号 PM と閉鎖時間設定信号 TS が入力されると共に、前記圧力検出信号 P_1 と許容圧力上昇値設定信号 PM との比較及び閉鎖時間検出信号 T と閉鎖時間設定信号 TS との比較を行なう比較回路と、閉鎖時間に対応した圧力上昇値とストローク設定値の関係データを保持する記憶回路と、比較回路に於ける比較結果から許容圧力上昇値設定信号 PM と閉鎖時間設定信号 TS に最適のストローク設定値を選択する演算回路とを備えた演算記憶装置、とを発明の基本構成とするものである。

[0 0 1 8]

請求項10の発明は、請求項9の発明に於いて、ウォータハンマーレスバルブ装置の制御回路を、閉鎖時間設定信号TSが入力され、バルブ本体の閉弁作動時に於けるアクチュエータの作動速度の調整により流体通路の閉鎖時間を制御可能な構成としたものである。 16

[0019]

請求項1-1の発明は、バルブ本体と、バルブ本体を駆動するアクチュエータと、バルブ上流側配管路に着脱自在に固定した振動センサーと、バルブ開閉指令信号が入力されると共に、そのデータ記憶部に予かじめ記憶された制御信号 S_c によりアクチュエータへ入力するアクチュエータ作動圧 P_a を制御する電空変換制御装置と、前記振動センサーからの振動検出信号 P_r とアクチュエータへ供給するステップ圧力設定信号 P_s とステップ圧力の保持時間設定信号 T_s と許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} とが入力されると共に前記振動検出信号 P_r と許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} との比較を行ない、前記ステップ圧力設定信号 P_s を修正する比較演算回路を備え、前記保持時間設定信号 T_s 及び修正されたステップ圧力設定信号 P_s から成る制御信号 S_c を前記電空変換制御装置のデータ記憶部へ出力する演算制御装置とを発明の基本構成とするものである。

[0 0 2 0]

請求項1-2の発明は、請求項1-1の発明に於いて演算制御装置を、ステップ圧力設定回路と保持時間設定回路と許容上限振動圧力設定回路と振動圧検出回路と比較演算回路とから構成すると共に、アクチュエータ作動圧をステップ変化させた直後の振動検出信号P_rが許容上限振動圧力設定信号P_{rm}を越えた場合には、ステップ圧力設定信号P_sを上昇する方向に、また、アクチュエータ作動圧を中間のステップ作動圧から零とした直後の振動検出信号P_rが許容上限振動圧力設定信号P_{rm}を越えた場合には、ステップ圧力設定信号P_sを下降させる方向に夫々修正する構成としたものである。

[0021]

請求項13の発明は、請求項11の発明に於いて電空変換制御装置を、演算制御装置からの制御信号S_cを記憶するデータ記憶部と信号変換部と電空変換部とから構成すると共に、データ記憶部に予かじめ記憶されたウォータハンマーを生じないときの制御信号S_{c'}に基づいて信号変換部からアクチエータ作動圧制御信号S_eを出力し且つ電空変換部からアクチエータ作動圧P_aを出力する構成としたものである。

[0022]

請求項1-4の発明は、流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブと、アクチュエータ作動式バルブへ二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a を供給する電空変換装置と、前記アクチュエータ作動式バルブの上流側管路に着脱自在に固着した振動センサと、振動センサにより検出した振動検出信号 P_r が入力されると共に電空変換装置へ前記二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a のステップ作動圧 P_s' の大きさを制御する制御信号 S_c を出力し、当該制御信号 S_c の調整により電空変換装置から振動検出信号 P_r がほぼ零となるステップ作動圧 P_s' の二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a を出力させるチューニングボックスとを発明の基本構成とするものである。

[9923]

請求項15の発明は流体通路に介設したアクチエニタ作動式バルブの上流側に振動セン

記制御信号 S_c によって電空変換装置に於いて発生した二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a をアクチュエータへ供給してアクチュエータ作動式バルブを 2 段階作動により閉鎖するようにした流体通路の閉鎖方法に於いて、前記チューニングボックスに於いてアクチュエータへ供給する二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a と振動検出信号 P_r との相対関係を対比し、1 段目のアクチュエータ作動圧 P_a の低減時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を上昇させ、また、2 段目のアクチュエータ作動圧 P_a の低減時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を下降させ、前記ステップ作動圧 P_s' の上昇又は下降による調整を複数回繰り返すことにより、振動検出信号 P_r がほぼ零となる 2 段階状作動圧 P_a のステップ作動圧 P_s' を求め、当該振動発生がほぼ零となるステップ作動圧 P_s' の 2 段階状の作動圧 P_a を電空変換装置から出力させるときの制御信号 S_c のデータに基づいて¹⁰、前記アクチュエータ作動式バルブを閉鎖するようにしたことを発明の基本構成とするものである。

又、請求項 16 の発明は、流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブの上流側に振動センサを取り付け、振動センサからの振動検出信号 P_r をチューニングボックスへ入力すると共に、チューニングボックスからの制御信号 S_c を電空変換装置へ入力し、前記制御信号 S_c によって電空変換装置に於いて発生した二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a をアクチュエータへ供給してアクチュエータ作動式バルブを 2 段階作動により閉鎖するようにした流体通路の閉鎖方法に於いて、前記チューニングボックスに於いてアクチュエータへ供給する二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a と振動検出信号 P_r との相対関係を対比し、1 段目のアクチュエータ作動圧 P_a の上昇時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を下降させ、また、2 段目のアクチュエータ作動圧 P_a の上昇時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を上昇させ、前記ステップ作動圧 P_s' の下降又は上昇による調整を複数回繰り返すことにより、振動検出信号 P_r がほぼ零となる 2 段階状作動圧 P_a のステップ作動圧 P_s' を求め、当該振動発生がほぼ零となるステップ作動圧 P_s' の 2 段階状の作動圧 P_a を電空変換装置から出力させるときの制御信号 S_c のデータに基づいて²⁰、前記アクチュエータ作動式バルブを閉鎖するようにしたことを発明の基本構成とするものである。

【0024】

請求項 17 の発明は、請求項 15 又は請求項 16 の発明に於いて、振動発生がほぼ零となる 2 段階状の作動圧 P_a を出力させるときの制御信号 S_c のデータを電空変換装置の記憶装置へ入力したあと、振動センサ及びチューニングボックスを取り外しするようにしたものである。³⁰

【0025】

請求項 18 の発明は、請求項 15 又は請求項 16 の発明に於いて、振動センサをアクチュエータ作動式バルブの設置位置から 1000 mm 以内の上流側位置に設けるようにしたものである。

【0026】

請求項 19 の発明は、請求項 15 の発明に於いて、2 段階状の作動圧 P_a のステップ作動圧保持時間 t を 1 秒より小さく設定するようにしたものである。

【発明の効果】

【0027】

本願方法発明に於いては、流体圧力が一定の場合には、アクチュエータへの駆動力を設定値に保持するか、もしくはアクチュエータへの駆動力を調整して弁のバルブストローク ΔG を設定位置に保持することにより、最初の開弁作動で弁体の移動を所定位置に一旦短時間停止させ、その後弁体を全閉位置へ移行させるようにした閉鎖方法により弁を閉鎖するようしているため、前記駆動力の設定値又はバルブストローク ΔG の設定値を適宜の範囲の値とすることにより、極く短時間（例えば 300 ~ 1000 msec）内に、しかもウォータハンマーを生ずることなしに流体通路を安全に閉鎖することができる。⁴⁰

vi

制御要素とし、予かじめ設定した閉弁時にウォータハンマーを起さない範囲のバルブストローク△Gに達したときに閉弁動作を短時間停止させ、その後当該バルブストローク△Gの点から閉弁状態（バルブストローク△G=0）へ弁体を移行させる閉鎖方法としているため、バルブ本体の材質や構造に拘わらず常に安定したウォータハンマーレスの流体道路の緊急閉鎖を行なうことができる。

【0029】

更に、本願装置発明に於いては、バルブ本体のバルブストローク△Gを検出してこれを制御回路へフィードバックし、バルブ本体の閉鎖時にそのバルブストローク△Gをより迅速且つ正確に所定の設定値へ到達させると共に、設定されたバルブストローク△Gの点から全閉位置へ弁体を直ちに移行させるようにした閉弁作動により、弁の閉鎖を行なう構成としている。
10

その結果、簡単な構成にも拘わらず、極く短時間内にウォータハンマーの無い流体道路の閉鎖を行なうことが出来、管路内圧の振動的上昇による様々なトラブルを完全に除去することが可能となる。

【0030】

本願のウォータハンマーレス閉鎖装置に於いては、圧力検出センサPCによる圧力検出値P₁とバルブ本体10の閉鎖時間検出センサTCによる閉鎖時間検出信号T₁とを演算・記憶装置15へフィードバックさせ、ウォータハンマーレスバルブ装置の制御回路13へ入力するストローク設定信号SGを、設定した閉鎖時間に於ける最適のストローク設定信号に制御する構成としている。
20

その結果、流通路の閉鎖時に万一流通路の内圧が許容圧力上昇値を超えた場合には、ストローク設定信号SGが自動的に最適値に修正されることになり、これによって、その後の流体道路の閉鎖時に於ける許容最大圧力上昇値を超えるウォータハンマーの発生が、完全に防止されることになる。

【0031】

また、本願発明のウォータハンマーレス閉鎖装置に於いては、配管路L₁に振動センサ18を岩脱自在に取り付け、振動センサ18により検出した振動検出信号P_rを演算制御装置16へフィードバックさせ、電空変換制御装置17を介してバルブ本体10のアクチュエータ11へ印加するアクチュエータ作動圧P_aを制御することにより、ウォータハンマーレス弁閉鎖を達成する構成としている。
30

その結果、バルブ本体10にストローク位置検出装置を設けなくとも、或いは、配管路L₁に圧力検出器を介設しなくてもウォータハンマーレス弁閉鎖が達成できると共に、対象とする配管路L₁について最適のウォータハンマーレス弁閉鎖の条件（即ち、アクチュエータ作動圧P_aの制御条件）が求めれば、振動センサ18や演算制御装置16を取り外して他の配管路へ適用することが可能となり、経済的にも極めて有利となる。

【0032】

更に、本発明のウォータハンマーレス閉鎖装置に於いては、実作動状態下の配管路のバルブ本体10の近傍に振動センサ18を設けると共に、電空変換装置20から所定の2段階状のアクチュエータ作動圧P_aをバルブ本体10のアクチュエータ11へ印加することによりバルブ本体10を現実に開閉作動させ、前記2段階状アクチュエータ作動圧P_aのステップ作動圧P_s'の最適値をバルブ本体10の実作動によって選定し、且つ選定したアクチュエータ作動圧P_aを電空変換装置20の記憶装置へ記憶させるようしている。
40

その結果、電空変換装置20からのアクチュエータ作動圧P_aによりバルブ本体10をより確実且つ迅速に、流体通路にウォータハンマーを生ずることなしに急閉鎖することができる。

【0033】

加えて、前記2段階状のアクチュエータ作動圧P_aの選定・設定（チューニング）も、5~6回のバルブ本体10の実作動によって簡単に完了することが出来、しかも、適宜の大

抑えることができ、配管路に大きな悪影響を加えることなしに、前記アクチュエータ作動圧 P_a の最適値を予かじめ正確に求めることが出来る。

【0034】

そのうえ、パソコンを活用することにより、前記2段階状アクチュエータ作動圧 P_a の選定・設定(チューニング)を極く簡単に、しかも迅速に行なうことが出来るだけではなく、ウォータハンマーレス閉鎖装置をより安価に製造することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

先ず、本願発明者等は、半導体製造装置の水分供給系に於けるウォータハンマーの発生状況を調査するため、空気圧作動ダイヤフラム弁を用いて流体流通路を全開から全閉に切り換えた場合の流路の圧力変動を観察した。

図1は、上記調査に用いた試験装置の回路構成図であり、図1に於いて1は水タンク、2は水タンク加圧源、3は圧力センサ、4は弁、5は電空変換装置、6は弁駆動用ガス源、7は信号発生器、8はストレージオシロスコープである。

【0036】

前記水タンク1は約30lの容量を有する密閉構造型であり、その内部には約25lの流体(25℃の水)が貯留されている。

また、水タンク1は加圧源2からのN₂により100~300KPaGの範囲で調整自在に加圧されている。

【0037】

前記圧力センサ3は、弁4の上流の水圧を高感度で検出可能なセンサーであり、本試験装置に於いては拡散半導体方式の圧力センサーを使用している。

【0038】

前記弁4としては、ダイヤフラム式空圧弁を使用しており、その仕様は流体入口圧力0.1MPa、流体出口圧力0.3MPa、流体温度10~100℃、CV値0.27、操作空気圧0.3~0.6MPa、接液部の材質(バルブボディPTFE、ダイヤフラムPTFE)、通路内径4mmである。

即ち、当該弁4はノーマルクローズ型の合成樹脂ダイヤフラムを弁体とする空気作動式ダイヤフラム弁であり、スプリング(図示省略)の弾性力によりダイヤフラム弁体が常時弁座へ当座し、閉弁状態に保持される。又、作動用空気圧の供給によりアクチュエータ4aが作動し、ダイヤフラム弁体が弁座から離座することにより開弁状態に保持される。

従って、当該ノーマルクローズ型の空気作動式ダイヤフラム弁を閉弁するには、アクチュエータ4aへ開弁のために供給している作動空気圧を減少させる必要がある。

尚、本願発明に於いては、上記ノーマルクローズ型の空気作動式ダイヤフラム弁に替えてノーマルオープン型の空気作動式ダイヤフラム弁を使用してもよいことは勿論であり、この場合には、アクチュエータ4aへ供給する作動空気圧を上昇させることにより、弁が閉鎖されることになる。

【0039】

前記電空変換装置5は、弁開度を指示する入力信号に対応した駆動圧力(空気圧)を弁4のアクチュエータ4aへ供給するためのものであり、本試験装置に於いては図2に示す如き構成の電空変換装置5を使用している。

即ち、入力信号Iが制御回路Aへ入力されると、給気用電磁弁Bが開になり、供給圧力Cの一部が給氣用電磁弁Bを通して出力圧力 P_a となり弁4のアクチュエータ4aへ供給される。

この出力圧力 P_a は圧力センサEを介して制御回路Aへフィードバックされ、入力信号Iに対応する出力圧力 P_a になるまで、訂正動作が行なわれる。尚、図2に於いて、Fは排気用電磁弁、Gは排気、Hは電源、Jは入力信号Iに対応する出力信号であり、当該出力信号J(即ち、入力信号I)が後述するストレージオシロスコープのCH₂へ入力電圧

20

VI

図3は、前記電空変換装置5の入力信号I値(入力電圧V)と出力圧力Paの関係を示す線図であり、入力電圧5V(作動用空気圧P=約5kgf/cm²・G)で弁4は全開状態に保持されることになる。

【0041】

前記弁作動用空気源6にはコンプレッサーが使用されており、所定圧の空気が供給される。また、前記信号発生器7は電空変換装置5等への入力信号I等を生成するものであり、所望の電圧出力が入力信号Iとして電空変換装置5へ出力される。

更に、前記ストレージオシロスコープ8は、圧力センサー3からの上流側管路L₁内の検出圧力信号P₁(電圧V)や電空変換装置5への入力信号I(入力電圧V)が入力され、管路L₁の圧力P₁の変動や入力信号(入力電圧V)Iの変動等が観測・記録される。 10

尚、本試験装置に於いては、ストレージオシロスコープ8を利用しており、時間軸の読み取りは500ms/sec/1目盛である。

【0042】

図1を参照して、先ず、水タンク1内の圧力PTを3kgf/cm²・Gの一定圧力に保持し、アクチュエータ4aへ5kgf/cm²・Gの空気圧Paを供給して弁4を全開状態にした。尚、この時の弁4と水タンク1間の配管路L₁の内径は4.0mm、長さは約2.5m、水の流量はQ=約3.45l/minであった。

【0043】

この状態から、弁4のアクチュエータ4aへの供給空気圧Paを、(a) 5kgf/cm²・G(全開)→0kgf/cm²・G(全閉)にしたとき、(b) 5→1.9→0にしたとき、(c) 5→1.66→0にしたとき、(e) 5→1.65→0にしたとき、(f) 5→1.62→0にしたとき、(g) 5→1.50→0にしたときの夫々について、上流側管路L₁の内圧P₁の変化をストレージオシロスコープ8により観測した。 20

【0044】

図4はその観測結果を示すものであり、上記図4の(a)~(f)からも明らかなように、5kgf/cm²・G(全開)→0(全閉)の過程を経て弁4を全閉にした場合には、図4の(a)のように最大9.15kgf/cm²・Gの振幅の圧力P₁の変動が表わされた。

【0045】

これに対して、供給圧力Paを5→1.65→0(図4-(e))と変化させた場合には管路圧力P₁に殆んど変動が生じず、ウォータハンマーの発生が完全に防止されることが判る。 30

【0046】

一方、供給圧力Paを5→1.50→0(図4-(f))と変化させた場合には、管路圧力P₁に最大振幅2.90kgf/cm²・Gの振動が発生した。

【0047】

上記の各試験結果から、当該弁4の場合、弁4を全開から全閉に切換える際にアクチュエータ4aへの作動空気圧Paを5V(全開)→1.65V(開弁度0.072mm/1.93mm×100=3.73%)→0(全閉)の過程を経て閉鎖することにより、ウォータハンマーの発生を完全に防止できることが判る。 40

【0048】

即ち、管路L₁の内圧P₁が一定の場合には、(1)全開状態からある一定の開弁度まで瞬時に急閉じ、その後短時間をおいて全閉状態にすることにより、約500~1000msの間にウォータハンマーを発生するなどなしに流体通路を開鎖できること、及び(2)前記最初の弁体の停止位置、即ち弁開度が一定値よりも大きくても、或いは小さくても、ウォータハンマーの発生を防止することができないことが判る。

【0049】

図5は、同じ弁4を用い、図4の場合と同じ条件下で弁の全開→全閉試験を繰り返した

させるためのアクチュエータへの供給空気圧 P_a が約 $1.65 \text{ kg f/cm}^2 \cdot \text{G}$ の時に、内圧 P_1 の圧力上昇値が略0となっている。

【0050】

図6は、前記図4の試験に於いて、アクチュエータ4aへの供給圧 P_a とバルブストローク ΔG (mm) の関係を示すものであり、試験条件は管路 L_1 の内圧 $P_1 = 3 \text{ kg f/cm}^2 \cdot \text{G}$ (一定)、流量 $Q = 3.45 \text{ l/min}$ (一定) の下に於いて、弁4を多段階式閉鎖により閉弁したものである。

尚、バルブストローク ΔG (mm) はボテンショメータを用いて測定されており、ダイヤフラム弁体を上方より押圧する弁シャフトの全閉位置から開弁方向への移動量をバルブストローク ΔG (mm) と規定している。
10

【0051】

図6の(a)～(f)から明らかなように、アクチュエータ4aへの供給空気圧 P_a が $1.9 \text{ kg f/cm}^2 \cdot \text{G}$ のときのバルブストローク ΔG は 0.782 mm となり、 $P_a = 1.65$ のときは $\Delta G = 0.108$ 、 $P_a = 1.65$ のときは $\Delta G = 0.072 \text{ mm}$ となる。

又、図6の(d)からも明らかのようにバルブストローク $\Delta G = 0.072 \text{ mm}$ (開弁度 $0.072 / 1.93 \times 100 = 3.73\%$) のときにウォータハンマーの発生が略0となる。

即ち、管内圧力 P_1 が一定の下に於ける多段階式閉鎖に於いては、弁開度 ΔG が前記0.072よりも大きくても或いは小さくても、ウォータハンマーが発生することになる。
20

【0052】

図7は、上記図6と同じ条件下でアクチュエータ4aへの供給圧 P_a を変化させた場合に於けるバルブストローク ΔG と管路の圧力上昇 ΔP_1 との実測値を示す線図であり、何れも最初(1段目)に弁体を一旦停止させる位置を、バルブストローク $\Delta G = \text{約 } 0.07 \text{ m}$ 位の位置としたときに、ウォータハンマーの発生が略0となっている。

【0053】

次に、水タンク1の内圧 P_T が変化した場合のウォータハンマーの発生防止について、図1の試験装置を用いて試験をした。

図8の(a)～(c)はその結果を示すものであり、タンク内圧 P_T が $3 \text{ kg f/cm}^2 \cdot \text{G}$ のとき、アクチュエータへの供給圧 P_a を $5 - 1.65 - 0$ とする多段階式閉鎖に於いては、管路内圧 P_1 の振動的な上昇は見られない。(図6(a))。
30

しかし、タンク内圧 P_T が変化すると、図8(b)及び図8(c)の矢印Aからも明らかなように、管路内圧 P_1 に若干圧力変動を生ずることになる。

【0054】

図9は、前記図8の試験時に、アクチュエータ4aの作動圧 P_a が $1.65 \text{ kg f/cm}^2 \cdot \text{G}$ のときのバルブストローク ΔG をボテンショメータにより計測したものであり、弁4のダイヤフラム弁体にかかる流体(水)の圧力によって、アクチュエータ4aへの供給圧 ($1.65 \text{ kg f/cm}^2 \cdot \text{G}$) が同一であってもバルブストローク ΔG が変化し、その結果、前記図8の(b)、(c)のAのように、管路内圧 P_1 に振動的な変動が生ずることとなる。
40

【0055】

図10は、弁の多段階式閉鎖に於いて、タンク内圧 P_T と管路内圧 P_1 の変動を防止できるアクチュエータの作動圧 P_a との関係を示す線図であり、曲線 A_1 はタンク内圧 $P_T = 3 \text{ kg f/cm}^2 \cdot \text{G}$ のとき、曲線 A_2 は $P_a = 2$ 、曲線 A_3 は $P_a = 1$ のときを示すものであり、ウォータハンマーの発生を防止できるアクチュエータ圧力 P_a の範囲がタンク内圧 P_T によって大きく変動することが判る。

【0056】

即ち、図5及び図7の試験結果からも明らかのように、タンク内圧 P_T 即ち管路 L_1 の

$a = 5 \text{ kgf/cm}^2 \cdot G - 1, 65 \text{ kgf/cm}^2 \cdot G - 0$ の多段階式閉鎖）、約 50 0 ~ 1 0 0 0 m s e c の短時間内に、ウォータハンマーの発生を略完全に防止しつつ管路 L₁ を高速閉鎖することが出来る。

【0057】

しかし、タンク内圧 PT（即ち管路内圧 P₁）が変動する場合には、上記図 10 からも明らかかなように、アクチュエータ 4 a への空気供給圧 P_aを制御するだけでは、多段階式閉鎖に於いてウォータハンマーの発生を完全に防止することは困難である。

そこで、本件出願人は、前記アクチュエータ 4 a への供給圧 P_aの制御に変え、弁 4 のバルブストローク△G を制御要素とし、タンク内圧 PT をパラメータとする多数の多段階式閉鎖試験を行なった。
尚、試験装置は前記図 1 の場合と略同一であり、弁 4 のバルブストローク△G を計測するボテンショメータをこれに付加した点が異なるだけである。

【0058】

図 11 は、弁 4 を多段階式閉鎖した場合の、タンク内圧 PT をパラメーターとしたバルブストローク△G と管路圧力上昇△P₁ の関係を示すものであり、図 12 は図 1 の要部の拡大図である。

尚、図 11 及び図 12 に於いて A₁、A₁' はタンク内圧 PT が 3 kgf/cm² · G のとき、A₂、A₂' は PT = 2 kgf/cm² · G のとき、A₃、A₃' は PT = 1 kgf/cm² · G のときを夫々示すものである。

【0059】

図 12 からも明らかかなように、バルブストローク△G を制御することによって弁 4 の多段階式閉鎖を行なった場合には、管路 L₁ 内の内圧 P₁ の大・小に拘わらず、バルブストローク△G が 0, 0.7 ~ 0, 0.8 mm の間で一旦閉弁作動を短時間停止させ、その後全閉状態とすることにより、約 500 ~ 800 m s e c の短時間内にウォータハンマーを生ずることなしに弁 4 を全開から全閉に急閉鎖できることが判る。

【0060】

図 13 は、前記図 11 及び図 12 等の試験結果に基づいて構成した本件発明に係るウォータハンマーレスバルブ装置のプロック構成図示すものである。

図 13 に於いて、1 0 はバルブ本体、1 1 はアクチュエータ、1 2 は自動駆動力制御器、1 3 は制御回路、1 4 はバルブストローク検出器である。

【0061】

前記バルブ本体 1 0 は配管路 L₁ 内に介設されており、本実施形態に於いてはダイヤフラム弁体を備えたバルブ本体 1 0 が使用されている。

尚、バルブ本体そのものは如何なる型式であってもよいことは勿論であり、ディスク弁体を備えたディスク弁等であってもよい。

また、本実施形態では弁座内径が 4.00 mm のダイヤフラム弁を弁 4 として使用しているが、弁 4 の大きさは 10 A ~ 100 A 位今まで自由に選定可能である。

【0062】

前記アクチュエータ 1 1 はバルブ本体 1 0 の駆動部であり、本実施形態に於いては空気圧シリンダがアクチュエータとして利用されており、スプリング 1 1 a によってピストン 1 1 b を下方向へ押圧することにより、バルブ本体 1 0 は閉鎖され、また逆に、自動駆動力制御器 1 2 より駆動圧 P_aを供給し、ピストン 1 1 b をスプリング 1 1 a の弾性力に抗して上方へ押し上げることにより、バルブ本体 1 0 は開放される。

【0063】

尚、本実施形態に於いては、アクチュエータ 1 1 として空気圧シリンダを使用しているが、油圧シリンダ型のアクチュエータ 1 1 であっても、或いは電動式（ソレノイドやモータ、圧電素子）のアクチュエータ 1 1 であっても良いことは勿論である。

また、本実施形態では常時閉鎖型の弁 4 を使用しているが、常時開放型の弁 4 であって

vi

ことにより閉弁させる構成とすることも可能である。

[0064]

自動駆動力制御器はアクチュエータ4aへの供給駆動力を調整するものであり、本実施形態では、コンプレッサー（図示省略）等の加圧源からの供給空気圧Pa0を所定の圧力Paに制御し、当該圧力Paの空気圧をアクチュエータ11へ供給するようにした自動圧力制御器が使用されている。

尚、アクチュエータ11に電動式アクチュエータが使用される場合には、当該自動駆動力制御装置は電気出力の制御器になることは勿論である。

[0065]

前記制御回路13へは、バルブストローク検出器14からのバルブストローク△Gの検出信号Sp、バルブ本体10への開閉指令信号S及び多段階式閉鎖に於ける中間停止位置（即ち制御バルブストローク△G）の設定信号SG等が入力されると共に、自動駆動力制御器12へ、所定のバルブストローク△Gを与えるのに必要な制御圧力Paを出力する圧力制御信号SRが送出される。
10

即ち、制御回路13では、バルブストローク検出器14からのバルブストローク検出信号Spと中間停止位置の設定信号SGとが比較され、両者の差が零となるようにアクチュエータ11への供給空気圧Paが調整されることになる。

尚、本実施形態では、制御回路13と自動駆動力制御器12とを別体として表示しているが、両者を一体化してもよいことは勿論である。

[0066]

図13を参照して、定常状態に於いては、自動駆動力制御器12から所定の圧力（例えば5kgf/cm²・G）の空気圧Paがアクチュエータ11へ供給されており、ピストン11bをスプリング11aに抗して上方へ押し上げることにより、バルブ本体10は全開されている。

[0067]

今、緊急時に、制御回路13へ弁閉鎖指令信号Sが入力されると、バルブ本体10は所謂多段階式閉鎖により緊急閉鎖される。即ち、先ず前記アクチュエータ11への供給空気圧力Paがバルブストローク設定信号SGにより与えられた圧力値（例えば1.65kgf/cm²・G）にまで瞬時に下降され、これによってピストン11bは、スプリング11aの弾性力によって下降し、シャフト11cに連結された弁体（図示省略）を所定のバルブストローク△Gの位置にまで下降させ、ここで短時間（例えば300～500msec）停止する。
30

[0068]

バルブ本体10の作動時には、バルブストローク検出器14からのストローク検出信号Spが制御回路13へ入力されており、当該ストローク検出信号Spとバルブストローク設定信号SGとの対比によって制御空気圧Paの調整が行なわれ、バルブ本体10のバルブストローク△Gは100～200msecの間に所定の設定位置に保持される。

[0069]

所定のバルブストローク△Gの位置に短時間（300～500msec）停止したバルブシャフト11cは、その後空気圧Paが自動駆動力制御器12を介して0に下降されることにより、全閉鎖位置まで瞬時に下降する。
40

これにより、バルブ本体10は、所謂ウォータハンマーを生ずることなしに全閉されることになり、全閉に要する時間は、本実施形態（管路径10A）に於いては約300～1000msecの間である。

[0070]

尚、上記実施形態に於いては、弁として弁座内径が4.00mmのダイヤフラム式空気作動弁を用いた場合について主として説明したが、本発明はより大型（例えば25～100A）のグローブ弁やディスク弁にも適用できることは勿論である。

構成を示すものであり、前記図13に示したウォータハンマーレス弁装置に弁閉鎖時間Tと許容圧力上昇値PMを制御要素として付加したものである。即ち、当該ウォータハンマーレス閉鎖装置に於いては、一次側圧力の検出センサPCと弁閉鎖時間の検出センサTCと各センサPC、TCからの検出値P₁、Tが入力される演算・記憶回路15とが、前記ウォータハンマーレスバルブ装置に付設されている。

【0072】

更に、閉鎖時間設定信号TSはウォータハンマーレス弁装置の制御回路13へも入力されており、制御回路13から自動駆動力制御器12へ出力される駆動力制御信号SRの出力状態を調整することによってアクチュエータ11の作動速度（即ち、アクチュエータ11への作動圧Paの印加状態）を制御し、これによりバルブ本体10の全開から全閉までの時間10を調整するように構成されている。

【0073】

前記弁閉鎖時間検出センサTCはアクチュエータ11に設けられており、バルブシャフト11cの作動開始（開弁）から作動停止（閉弁）までの時間Tを検出し、これを演算・記憶回路15へ入力する。

また、前記圧力検出センサPCは一次側流通路L₁に設けられており、流体圧力の検出値P₁を演算・記憶回路15へ入力する。

【0074】

前記演算・記憶回路15には圧力比較回路、時間比較回路、演算回路及び記憶回路が夫々設けられており、圧力比較回路では許容圧力上昇値設定信号PMと圧力検出信号P₁との比較が、また時間比較回路では閉鎖時間設定信号TSと閉鎖時間検出信号Tとの比較が行なわれる。

また、前記記憶回路には、予かじめ実測により求めたバルブ本体の、閉鎖時間Tをパラメータとしたストローク設定値と圧力上昇値との関係データが多数記憶されている。

【0075】

更に、前記演算回路は、圧力検出信号P₁が許容圧力上昇値設定信号PMを越えた場合に、閉鎖時間Tが閉鎖時間設定信号TSを越えているか否かに応じて、前記記憶回路に記憶されている閉鎖時間Tが閉鎖時間設定信号TSよりも短くて且つこれに最も近い場合の圧力上昇値とストローク設定値のデータを選定し、そのデータの中から圧力検出値P₁が許容圧力上昇値設定信号PM以下となるストローク設定信号SGを選定し、これを制御回路13へ入力する。

【0076】

尚、前記閉鎖時間設定信号TSの最小値は、バルブ本体10やアクチュエータ11の作動特性から制約を受けることになるが、通常は1~3secの値に設定されている。

また、バルブ本体10の閉鎖時間設定信号TSは、許容される範囲でなるべく長目に選定される。何故なら、閉鎖時間Tが長いほどウォータハンマーが起生し難くなるからである。

【0077】

当該ウォータハンマーレス閉鎖装置の使用に際しては、閉鎖時間設定信号TS、許容圧力上昇値設定信号PMを入力する。これにより、演算・記憶装置15の記憶回路から、適宜のストローク設定信号SGが出力され、制御回路13へ入力される。

流体流路L₁の閉鎖に際しては、バルブ開閉指令信号Sが制御回路13へ入力され、これによってバルブ本体10は、全開から全閉に切換わる。

この時、万一一次側流通路の内圧P₁がウォータハンマーの起生によって振動した場合には、圧力検出センサPCからの圧力検出信号P₁がフィードバックさせ許容圧力上昇値設定信号と比較され、万一圧力検出信号P₁が許容圧力上昇値設定信号PMを越えている場合には、演算回路によって新たなストローク設定信号SGが選定され、制御回路13へ入力される。

となり、次回のバルブ本体10の開閉作動時には、前記ウォータハンマーによる圧力上昇が許容最大圧力上昇値Pm以下に抑えられることになる。

【0079】

図15及び図16は、本発明に係る流体通路のウォータハンマーレス閉鎖装置の第2実施例の基本構成を示すものであり、図14の第1実施例の場合のように、既設の上流側配管L1へ圧力検出器Pcを取り付けたり、或いはバルブ本体10へバルブストローク検出器(位置検出器)を取り付けすることが困難な場合に、主として利用されるものである。

【0080】

図15及び図16を参照して、当該ウォータハンマーレス閉鎖装置は、図13のウォータハンマーレス弁装置からバルブストローク検出器14を取り除いた形態のバルブ本体10と、アクチュエータ11と、電空変換制御装置17と、アクチュエータ作動圧Paの段階的切換え及び切換後の圧力保持時間Ts等を制御可能とした演算制御装置16と、上流側配管路L1に着脱自在に固定した振動センサー18とを組み合せ、弁本体10のアクチュエータ11に加えるアクチュエータ作動圧Paの段階的切換え(図16(a)のP2,maxからPsへの切換(ステップ圧力Ps)やステップ圧力Psの保持時間Tsを選定して、ウォータハンマーレス閉鎖を可能とする弁本体10の閉鎖条件を予かじめ設定記憶しておくことを可能としたものである。

【0081】

即ち、図15及び図16に於いて、16は演算制御装置、17は電空変換制御装置、18は振動センサー、6は弁駆動用ガス源、10はバルブ本体、11はアクチュエータであり、弁駆動用ガス源6からの駆動圧Pad(本実施例の場合約0.6MPa)が電空変換制御装置17によって図16(a)の如き状態のステップ状の作動圧力Paに変換され、アクチュエータ11へ印加されることになる。

【0082】

尚、アクチュエータ11へ加えるアクチュエータ作動圧Paやその保持時間Tsは、後述するような方法によって、予かじめバルブ上流側配管路L1毎に弁本体10の閉鎖作動試験によって求められた演算制御装置16からの制御信号Scによって制御されており、当該振動センサー18及び演算制御装置16は、弁本体10の閉鎖作動試験による前記制御信号Scの選定が完了すれば、上流側配管路L1から取り外されることになる。

【0083】

即ち、前記演算制御装置16にはステップ圧力設定Psの設定回路16a、圧力保持時間設定信号の設定回路16b、許容上限振動圧力設定信号Prmの設定回路16c、管路の振動圧検出回路16d及び比較演算回路16e等が設けられており、振動センサー18により検出した弁本体10の閉鎖時の内圧P1の変動による振動検出信号Prと、ステップ圧力設定信号Psと、ステップ圧力保持時間設定信号Tsと、許容上限振動圧力設定信号Prmとが夫々入力されている。

【0084】

そして、前記比較演算回路16eでは振動検出信号Prと許容上限振動圧力設定信号Prmとが比較され、両者の間に差異がある場合には、後述するようにステップ圧力設定信号Psが修正され、当該修正されたステップ圧力設定信号Psと保持時間設定信号Tsとを含む制御信号とそれが電空変換制御装置17のデータ記憶部へ出力されて行く。

【0085】

また、前記電空変換制御装置17には、データ記憶部17aと信号変換部17b(信号発生器7)と、電空変換部17c(電空変換装置5)等が設けられており、信号変換部17bからのアクチュエータ作動圧制御信号Scが電空変換部17cへ入力されることにより、アクチュエータ11へ供給するアクチュエータ作動圧Paが、図16の(a)のように段階的に切換え変換される。

尚、当該電空変換制御装置17へは、バルブ開閉指令信号S及びバルブ本体10の作動

10

20

30

40

V

図16を参照して、先ず配管路L₁に振動センサー18を固定する。次に、演算制御装置16へ適宜のステップ圧力設定信号P_s、ステップ圧力保持時間設定信号T_s及び許容上限振動圧力設定信号P_{r m}を入力すると共に、電空変換制御装置17のバルブ本体切換信号S_c及びアクチュエータ作動用流体供給圧P_{a o}を適宜に設定する。

【0087】

その後、バルブ開閉指令信号Sを入力して、弁本体10のアクチュエータ11に例えれば図16の(a)の如き形態のアクチュエータ作動圧P_aを供給する。

今、時刻t₁に於いて、アクチュエータ作動圧P_aをP_{a max}からP_sまで下降させると、弁本体10の流体通路は中間位置まで閉鎖され、更に設定保持時間T_sが経過した時刻t₂に於いて、アクチュエータ作動圧P_sが零にされることにより、弁本体10は全閉状態となる。

【0088】

この間に、ウォータハンマーの発生により配管路L₁の内圧P₁が変化すると、その変化の状態は振動センサー18により検出され、振動検出信号P_rは演算制御装置16へ入力される。

演算制御装置16では、検出信号P_rと許容上限振動圧力設定信号P_{r m}とが比較され、もしも、A₁の位置(時刻t₁)に於いては振動を発生しないか又は振動の大きさが許容値内であるが、A₂の位置(時刻t₂)に於いて振動が許容値P_{r m}を越える場合には、アクチュエータ作動圧P_sを少し下降させるようにステップ圧力設定信号P_sが修正され、この修正されたステップ圧力設定信号P_sとその保持時間設定信号T_sが制御信号S_cとして演算制御装置16から電空変換制御装置17へ出力され、その後再度同様のバルブ本体10の閉鎖作動試験が行なわれる。

【0089】

また、逆に、もしも、A₁の位置(時刻t₁)で発生した振動が許容上限振動圧力設定信号P_{r m}を越える場合には、前記ステップ圧力設定信号P_sを少し上昇させる方向に設定信号P_sが修正され、演算制御装置16から電空変換制御装置17へ制御信号S_cとして出力され、その後再度同様のバルブ本体10の閉鎖作動試験が行なわれる。

【0090】

上記0070及び0071に記載の如き作動試験を繰り返すことにより、振動センサー18を設けた配管路L₁のウォータハンマーレス閉鎖に必要なアクチュエータ11の中間作動圧力P_s(ステップ圧力設定信号P_s)が所定のステップ圧力保持時間設定信号T_s(バルブ閉鎖時間T_s)について選定されることになり、この選定されたウォータハンマーを起さない最適のステップ圧力設定信号P_sとその保持時間T_sを与える制御信号S_cが、電空変換制御装置17のデータ記憶部17aに記憶され、以後の管路L₁の閉鎖は、この記憶された制御信号S_cに基づいてアクチュエータ作動圧P_aを制御することにより行なわれる。

【0091】

尚、上記図15及び図16の実施例に於いては、アクチュエータ作動圧P_aを2段階に切換える制御するようにしているが、必要な場合には3段階や4段階の切換としてもよいことは勿論である。

また、ステップ保持時間設定信号T_sは通常0.5~1秒の間に設定され、当該時間T_sが短くなるにつれて、ウォータハンマーレス閉鎖の条件を見出すことが困難になることは勿論である。

【0092】

図17は、本発明に係る流体通路閉鎖方法とこれに用いるウォータハンマーレス閉鎖装置の第3実施例を示すものである。

図17に於いて、L₁は配管路、10はバルブ本体、11はエアーアクチュエータ、18は振動センサ、19はチューニングボックス、20は電空変換装置であり、ウォータハン

【0093】

前記チューニングボックス19は、バルブ本体10の上流側に取付けした振動センサ18からの振動検出信号Prがフィードバック信号として入力され、当該フィードバック信号Prからウォータハンマーの発生を検出すると共に、電空変換装置20へアクチエータ作動圧制御信号Scを出力することにより、エアーアクチエータ11へ供給する2段階状のアクチエータ作動圧Paを最適化するものである。具体的には、後述するように図21のアクチエータ作動圧Paのステップ作動圧Ps'の大きさ及びステップ作動圧保持時間tの最適値を演算し、当該アクチエータ作動圧Paを電空変換装置20からアクチエータ11へ出力させるための制御信号Scを電空変換装置20へ出力する。

【0094】

また、当該チューニングボックス19には、バルブ本体10のエアーアクチエータ11の作動型式(N.O.又はN.C.)に対応して制御信号Scを切換えするための切替えスイッチが設けられている。

【0095】

図18は、チューニングボックス19の主要部を形成するパソコンの画面表示の一例を示すものであり、バルブ本体10の開閉状態、エアーアクチエータ11へのアクチエータ作動圧Pa、配管路Lの振動状況、ステップ作動圧Ps'及び配管振動値、オートチューニングの条件設定、マニアル開閉の条件設定、バルブ本体10の作動型式等の画面表示が可能な構成になっている。

【0096】

前記電空変換装置20は、信号変換器と電空変換器とを組み合わせたものであり、図19に示す如く給気用電磁弁B、排気用電磁弁F、圧力センサE、制御回路A等から構成されており、基本的には図2の(a)及び(b)に示したものとほぼ同じ構成を有している。

【0097】

即ち、給気電磁弁Bへは0.6MPa以上の空気圧が供給されており、0~0.5MPaの空気圧がアクチエータ作動圧制御圧力Paとしてエアーアクチエータ11へ出力される。

また、当該電空変換装置20の制御回路Aには、基板A₁と外部入出力インターフェイスA₀等が設けられており、また、外部入出力インターフェイスA₀には二つのコネクタA_c、A_dが設けられている。そして、コネクタA_cへは供給電源(DC24又は12V)、開閉信号I(電圧入力又は無電圧入力)、圧力モニタ(0~5DCV・0~981KPaG)が接続され、また、コネクターA_dへはチューニングボックス19が接続される。

【0098】

図20は、当該第3実施例に於けるオートチューニングの実施フローを示すものであり、また、図21はエアーアクチエータ11へ加えるアクチエータ作動圧Paと振動の発生との相対関係を示すものである。

尚、アクチエータ作動圧Paとしては、図16の場合と同様に2段階状のアクチエータ作動圧Paが加えられている。

【0099】

図20を参照して、図17に示す如く振動センサ18を配管路Lの所定位置(バルブ本体10から約1000mm以内の上流側位置、望ましくは100~1000mm上流側へ離れた位置)に固定すると共に、チューニングボックス19及び電空変換装置20を夫々セッティングする。

次に、オートチューニング開始信号の入力(ステップS₁)により弁全開状態に約2秒間保持した(ステップS₂)あと、2段階状のアクチエータ作動圧Paを加えることにより、制御が行われる(ステップS₃)。尚、ステップ作動圧Ps'の保持時間tは、後述

10

20

30

40

VI

バルブ本体10の閉鎖により配管路Lに発生した振動は、振動センサ18からの振動検出信号Prにより検出並びに確認され(ステップS₄)、振動が図21のA点で発生しているか、又はB点で発生しているかを確認し(ステップS₅ S₆)、A点で発生している場合には、アクチュエータ作動圧Paのステップ作動圧Ps'が増加され(ステップS₇)、また、B点で発生している場合には前記ステップ作動圧Ps'が減少される(ステップS₈)。

【0101】

上記バルブ本体10の閉鎖制御を繰り返す(通常は数回~15回)ことにより、振動を全く生じない最適のステップ作動圧Ps'を有するアクチュエータ作動圧Pa最終的には得られることになり、このオートチューニングにより得られた振動を完全に防止可能な2段階状のアクチュエータ作動圧Paを出力する制御信号Scを電空変換装置20へ入力することにより、バルブ本体10を閉鎖するようとする。

【0102】

前記オートチューニング時に加える2段階状のアクチュエータ作動圧Paのステップ作動圧保持時間tは、短いほど好都合であるが、空気作動式アクチュエタ11にあつてはt=1秒以下とするのが望ましい。

尚、前記図20及び図21に於いては、ノーマルクローズ型の空気作動式ダイヤフラム弁を使用し、アクチュエータ作動圧Paを供給することによって開弁中のバルブ本体10を開鎖する場合について説明しているが、ノーマルオープン型の空気作動式ダイヤフラム弁を使用し、アクチュエータ作動圧Paを2段階に分けて上昇させることによりウォータハンマーレス閉鎖を行なうことも勿論可能であり、この場合にアクチュエータ作動圧Paのステップ作動圧Pa'の調整が前記ノーマルクローズ型の場合とは逆になり、一段目のアクチュエータ作動圧Paの上昇時に振動が発生したときにはステップ作動圧Pa'を下降させ、また2段目のアクチュエータ作動圧Paの上昇時に振動が発生したときには、ステップ作動圧Pa'を上昇させることになる。

【0103】

図22は、バルブ開閉時の内容積無変化型の空気圧作動バルブ(19.05mm)を用い、液体ラインの圧力が0.098MPa、0.198MPa及び0.294MPaの三種の配管路を、アクチュエータ作動圧Paが0.490MPaG-0.19MPaG-0PaGの2段階状の作動圧Paを用いて閉鎖したときの、ステップ作動圧保持時間tと液体ラインの圧力上昇値△P(MPaG)との関係を示すものである。ステップ作動圧保持時間tを1秒以上にすれば、圧力上昇△Pをほぼ零にすることが出来るが、tが0.5秒以下になると、圧力上昇△Pが大きくなることが判っている。

【0104】

尚、前記オートチューニング操作が完了して、配管路Lのウォータハンマーレス閉鎖が可能な制御信号Sc(即ち、ウォータハンマーレス閉鎖が可能な2段階状のアクチュエータ作動圧Paを出力するための制御信号Sc)が求めれば、前記制御信号Sc(即ち、作動圧Pa)のデータを電空変換装置20へ転送し、別途にこれを記憶しておく。そして、オートチューニング19及び振動センサ18を取り外す。

【0105】

バルブ本体10の急閉鎖が必要な場合には、予めオートチューニングにより求めた前記制御信号Scのデータを用い、電空変換装置20からウォータハンマーレス閉鎖が可能な2段階状のアクチュエータ作動圧Paをバルブ本体10のアクチュエタ11へ出力する。

【0106】

前記図17の実施例に於いては、オートチューニング操作が完了すれば、アクチュエータ作動圧Pa(ステップ作動圧力Ps'及びその保持時間t)が定まれば、当該作動圧Paに関するデータを電空変換装置20へ転送し、その後、振動センサ18及びチューニングボックス19は完全に取り外すようにしているが、チューニングボックス19を小型化して

[0107]

本発明は工業用の配水や蒸気、ガス等の供給管路のみならず、一般家庭の給水・給湯用配管路、半導体製造プラントの流体（ガス及び液体）供給管路、化学薬品工業プラントの流体供給管路等へ適用することが出来る。その中でも、特に本願発明は、半導体製造用のチャンバー装置やウェハー等の洗浄装置、各種のエッティング装置等への適用に適している。

【画面の簡単な説明】

〔0108〕

【図1】流体通路のウォーターハンマーの発生状態の調査に用いた試験装置の回路構成図である。

【図2】試験装置に用いた電空変換装置の説明図であり、(a)は基本構成図、(b)はブロッカ構成図である。

【図3】電空変換装置5の入力信号I(入力電圧V)と出力圧力Pa(kgf/cm²・G)の関係を示す線図である。

【図4】管路内圧 P_1 を一定とした多段階式閉鎖に於いて、アクチュエータへの供給圧 P_a を変化させた場合の弁上流側管路 L_1 の内圧 P_2 の変化状態を示す線図であり、(a) は P_a を $5 \text{ kgf/cm}^2 \cdot G$ から直接 $0 \text{ kgf/cm}^2 \cdot G$ に閉鎖したとき、(b) は P_a を $5 \text{ kgf/cm}^2 \cdot G$ から $1.9 \text{ kgf/cm}^2 \cdot G$ に落したあと 0 とした場合、(c) は $5 \rightarrow 1, 6.6 \rightarrow 0$ 、(d) は $5 \rightarrow 1, 6.5 \rightarrow 0$ 、(e) は $5 \rightarrow 1, 6.2 \rightarrow 0$ 、(f) は $5 \rightarrow 1, 6.2 \rightarrow 0$ 、(g) は $5 \rightarrow 1, 5.0 \rightarrow 0$ とした場合を示すものである。

【図5】管路内圧 P_1 を一定とした多段階式閉鎖に於けるアクチュエータへの駆動圧力 P_a と圧力上昇 ΔP の関係を示す線図である。

【図6】管路内圧 P_1 を一定とした多段階式閉鎖に於いて、アクチュエータへの空気供給圧 P_a を変化させた場合のバルブストローク ΔG の変化を示す線図であり、(a) は P_a を $5 \text{ kgf/cm}^2 \cdot G$ (全閉) $\rightarrow 0$ (全開) に、(b) は $5 \text{ kgf/cm}^2 \cdot G$ (全閉) から $1.9 \text{ kgf/cm}^2 \cdot G$ (中間開度) にしたあと、0 (全閉) に、(c) は $5 \rightarrow 1.66 \rightarrow 0$ に、(d) は $5 \rightarrow 1.65 \rightarrow 0$ に、(e) は $5 \rightarrow 1.62 \rightarrow 0$ 、(f) は $5 \rightarrow 1.50 \rightarrow 0$ にした場合を示すものである。

【図7】管路内圧 P_1 を一定とした多段階式閉鎖に於けるバルブストローク ΔG (mm)と管路 L_1 の圧力上昇 ΔP_1 の関係を示す線図である。

【図8】タンク圧(管路内圧 P_1)を変化させた場合の多段階式閉鎖($P_a = 5 - 1, 6 - 5 - 0 \text{ kgf/cm}^2 \cdot G$)に於ける管路内圧 P_1 の変化状況を示す線図であり、(a)はタンク内圧 $P_1 = 3 \text{ kgf/cm}^2 \cdot G$ のとき、(b)は $P_1 = 2$ 、(c)は $P_1 = 1$ の場合を夫々示すものである。

【図9】図8の試験に於けるアクチエータ作動圧 P_a とバルブストローク ΔG の関係を示す線図であり、(a) はタンク圧力 P_T が 3 kgf/cm^2 のとき、(b) は $P_T = 2$ のとき、(c) は $P_T = 1$ のときを表すものである。

【図10】弁の多段階式閉鎖に於けるタンク内圧PTと、ウォータハンマーを防止できるアクチエーティング作動圧力P₂の関係を示す鏡図である。

【図1-1】弁の多段階式閉鎖に於けるタンク内圧PTをパラメータとしたバルブストローク△Gと管路圧力上昇△P_gとの関係線図である。

【図1-2】図1-1の要部の拡大図である。
【図1-3】本発明に係るウォータハンマーレスバルブ装置の全体構成図である。

【図1-4】本発明に係る流体通路のウォータハンマーレス閉鎖装置の第1実施例の全体構成図である。

【図1-5】本発明に係る流体通路のウォータハンマーレス閉鎖装置の第2実施例の全体構成図である。

【図16】図15のウォータハンマレス閉鎖装置に於けるアクチュエータ作動圧 P_a の制

図である。

- 【図18】チューニングボックスのPC画面表示の概要図である。
- 【図19】電空変換装置の構成概要図である。
- 【図20】オートチューニング操作のフロー図である。
- 【図21】オートチューニング操作に於ける駆動圧力 P_a と発生する振動との関係の説明図である。

【図22】ステップ状の駆動圧力 P_a のステップ圧力保持時間 t と圧力上昇値 ΔP との関係を示す線図である。

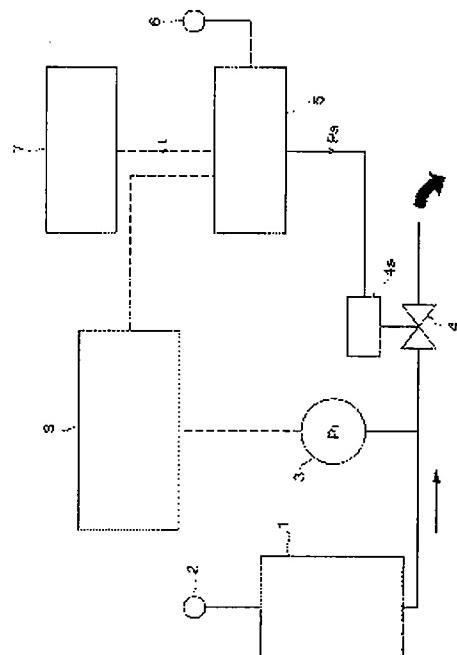
【符号の説明】
【0109】

16

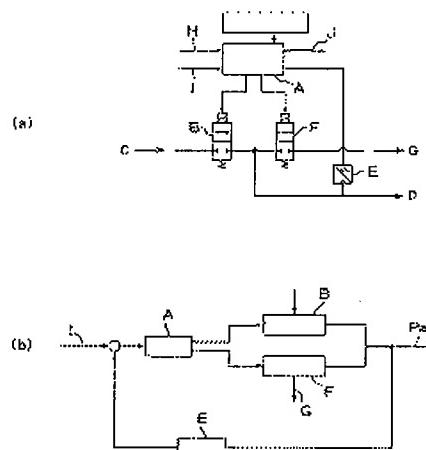
P_T は水タンク内圧、 L_1 はバルブ上流側管路、 P_1 は管路内圧、 P_a はアクチュエータ作動圧、 P_{ao} は空気供給圧力、 ΔG はバルブストローク、 S はバルブ開閉指令信号、 S_G はバルブストローク設定信号、 SR は駆動力制御信号、 S_p はバルブストローク検出信号、1は水タンク、2は水タンク加圧源、3は圧力センサ、4は弁、4aはアクチュエータ、5は電空変換装置、6は弁駆動用ガス源、7は信号発生器、8はストレージオシロスコープ、10はバルブ本体、11はアクチュエータ、12は自動駆動力制御器（自動圧力制御器）、13は制御回路、14はバルブストローク検出器（位置検出器）、15は演算・記憶装置、16は演算制御装置、17は電空変換制御装置、18は振動センサ、19はチューニングボックス、20は電空変換装置、TCは閉鎖時間検出センサ、Tは閉鎖時間検出信号、TSは閉鎖時間設定信号、 P_1 は圧力検出信号、PMは許容圧力上昇値設定信号、 P_r は振動検出信号、 P_{rm} は許容上限振動圧力設定信号、 P_s はステップ圧力設定信号、 T_s はステップ圧力保持時間設定信号（閉鎖時間設定信号）、 S_c は制御信号、 S_e はアクチュエータ作動圧制御信号、 S_o はバルブのNO・NC切換信号、 t はステップ圧力保持時間、 P_s' はステップ作動圧である。

20

【図1】



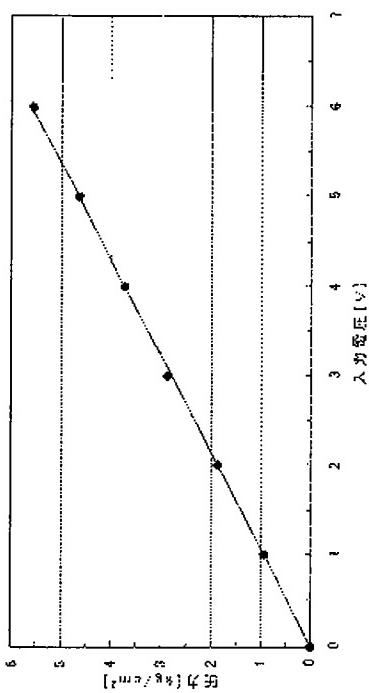
【図2】



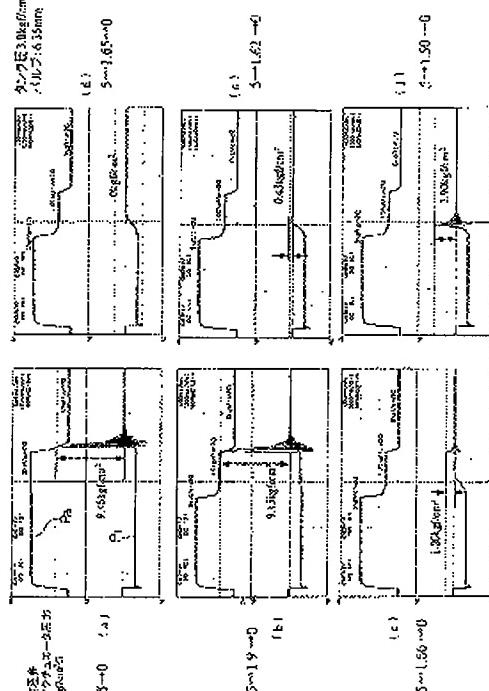
(22)

JP 2004-213638 A 2004.7.29

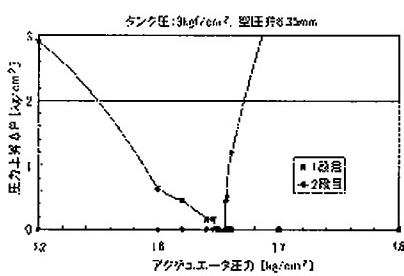
[図3]



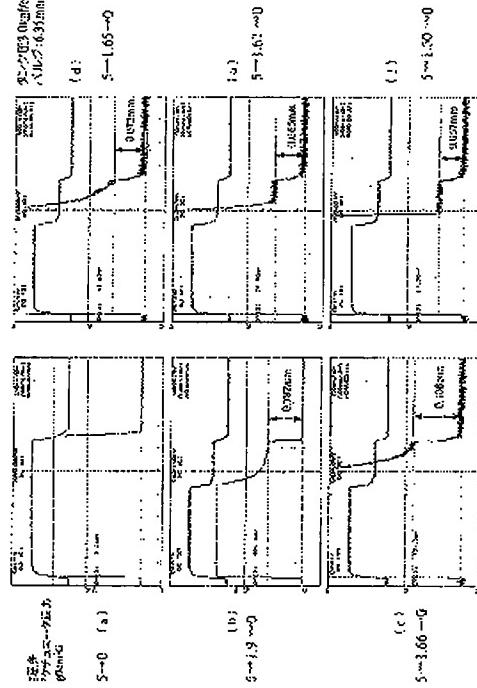
[圖 4]



[図5]



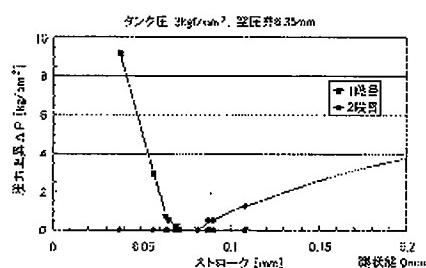
[圖 6]



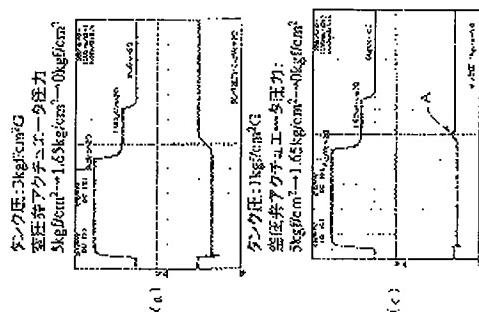
(23)

JP 2004-213638 A 2004.7.29

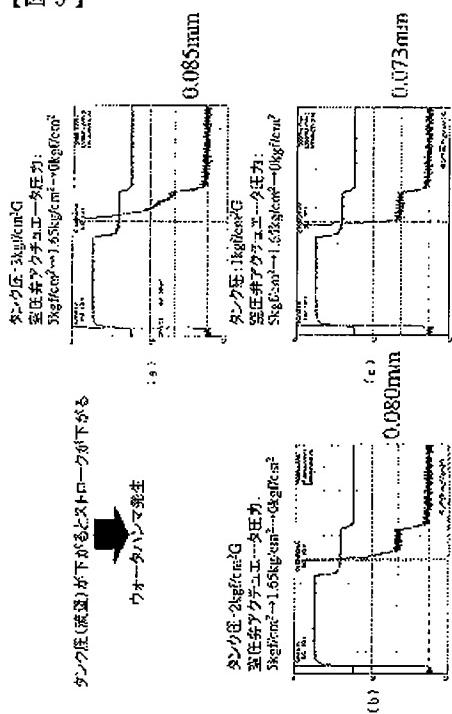
【図 7】



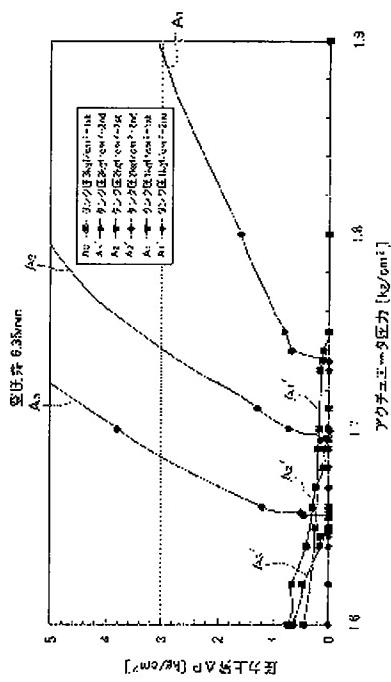
【図 8】



【図 9】



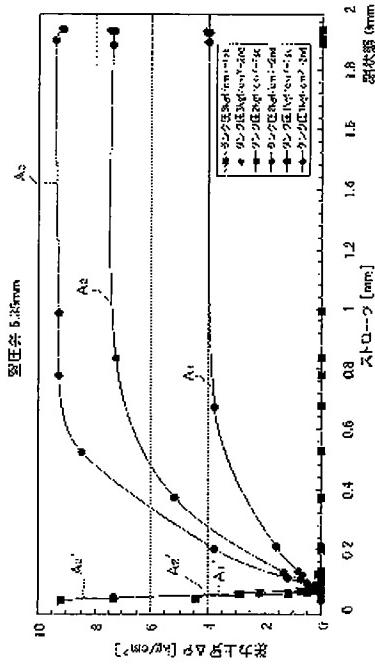
【図 10】



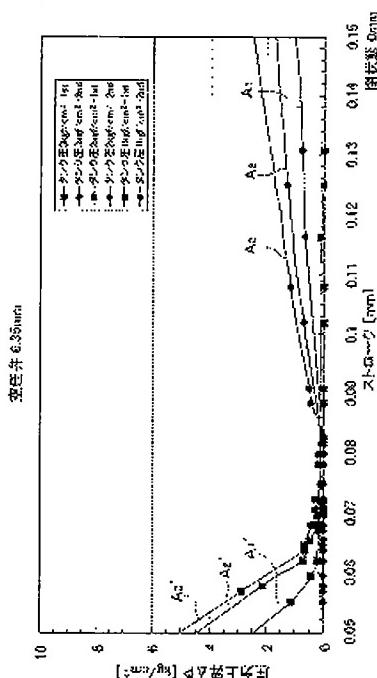
(24)

JP 2004-213638 A 2004.7.29

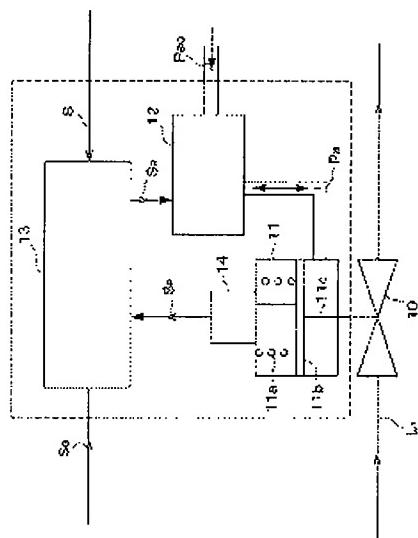
[図 1 1]



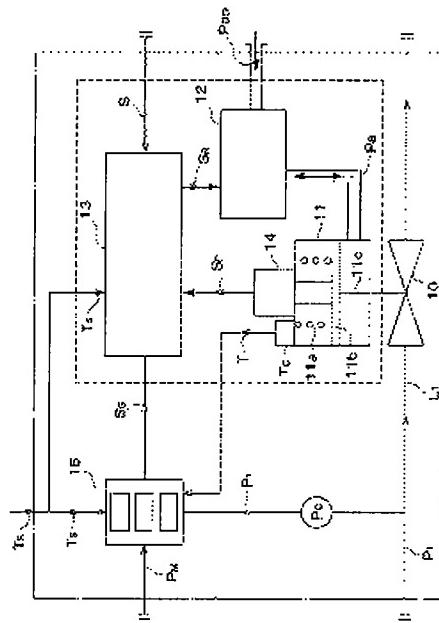
[図12]



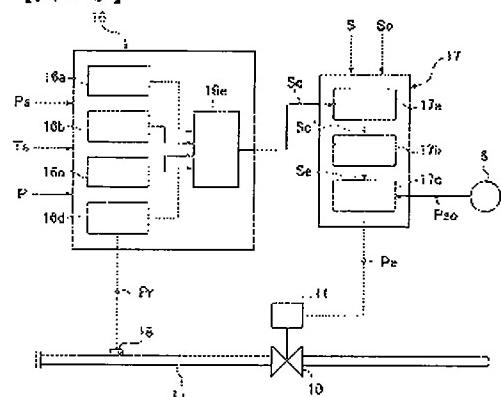
[圖 13]



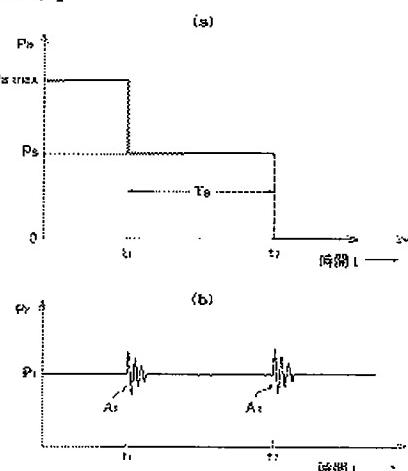
[図 14]



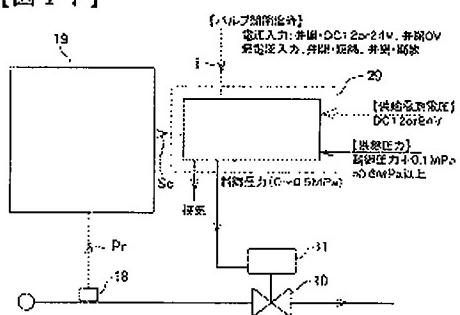
[図15]



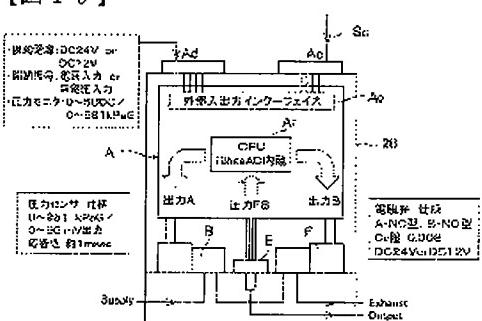
[四] 161



[圖 17]

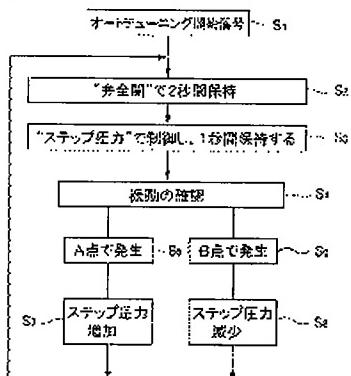


[圖 19]

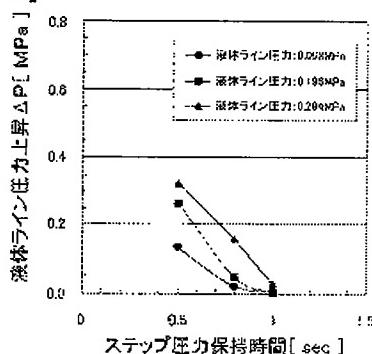


[18]

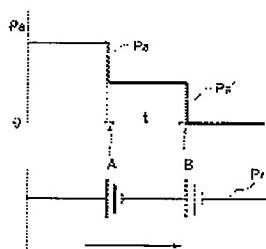
【図20】



【図22】



【図21】



【手続補正書】

【提出日】平成15年12月18日(2003.12.18)

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体通路の緊急(又は急速)閉鎖時に於けるウォータハンマーの発生を完全に防止できるようにウォータハンマー発生防止システムの改良に関するものであり、流体圧力の大小に拘わらずに流体通路を、ウォータハンマーを生ずることなしに迅速且つ確実に閉鎖できるようにした流体通路の閉鎖方法とこれに用いるウォータハンマーレスバルブ装置及びウォータハンマーレス閉鎖装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

水等の液体が流通する通路を急激に閉鎖すると、閉鎖箇所より上流側の通路内圧が振動的に上昇する所謂ウォータハンマーが起生することは、広く知られた事象である。

また、当該ウォータハンマーが生ずると、上流側通路の内圧上昇により、これに接続されている機器・装置類が破損する等の様々な不都合が起生する。

【0003】

そのため、ウォータハンマーの発生を防止する方策については従前から各種の技術が開

は（2）通路内に発生した振動圧力をバイパス通路を開放して外部へ逃がしたり、別途に設けたアキュムレータ内へ吸収すると云うものであり、前者の方法では流体通路の閉鎖に時間が掛かって緊急（又は急速）閉鎖の要請に対応することができず、また後者では、付帯設備費が高騰する問題がある。

【0004】

更に、上記ウォータハンマーに係る問題は、これ迄比較的大流量の流体を取り扱う産業分野で主に問題とされて来たが、近年では、小流量の流体を取り扱う分野、例えば半導体製造に於けるシリコンの湿式酸化膜処理、ウエーハ洗浄装置、薬液供給システムの分野や薬品製造の分野等に於いても、バルブの閉鎖頻度の増加に伴なつて、設備の保全や製品品質の向上、閉鎖時間の短縮等の点から、供給流体の緊急（又は急速）閉鎖時に於けるウォータハンマーの発生の防止が強く要請されている。

【0005】

【特許文献1】特開平7-190235

【特許文献2】特開2000-10602

【特許文献3】特開2002-295705

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、従前のウォータハンマーの発生防止技術に於ける上述の如き問題、即ち（1）流体通路の遮断時間を若干長目に設定することを基本とする方策では、緊急性（又は急速性）の要請に十分に対応出来ないこと、及び（2）振動圧力を吸収又は逃がすことを基本とする方策では、附帯設備費が高騰すること等の問題を解決せんとするものであり、流体通路に介設した弁の閉鎖を多段階動作で行なうことにより、ウォータハンマーを生ずることなしに、しかも極短時間（例えば1000ms以内）でもって流体通路を緊急（又は急速）閉鎖できるようにした流体通路の閉鎖方法とこれに用いるウォータハンマーレスバルブ装置及びウォータハンマーレス閉鎖装置を提供するものである。

【0007】

また、本発明は、流体通路のウォータハンマーレス閉鎖が可能なバルブの閉鎖条件をバルブの閉鎖テストを現実に行なうことによって予かじめ求めておき、当該閉鎖条件を記憶せしめた電空変換装置によってバルブ本体のアクチュエータを作動させることにより、迅速且つ確実に流体通路のウォータハンマーレス閉鎖を可能とした流体通路の閉鎖方法と、これに用いるウォータハンマーレス閉鎖装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本願発明者等は、通路閉鎖弁の弁体を閉弁手前の所定の位置まで急速移動させ、短時間経過後に弁体を閉弁位置へ移動させるようにした多段階方式による弁の閉鎖方法を着想すると共に、当該閉鎖方法を用いて数多くのウォータハンマーの発生機構の解析試験を行なつた。

また、本願発明者等は前記試験の結果から、弁の閉鎖に於いて、閉弁時の第1段階の弁体停止位置を特定の範囲内の位置とすることにより、ウォータハンマーの発生が防止されることを知得した。

【0009】

本願発明は上記知見を基にして創作されたものであり、請求項1の発明は、管路内圧が略一定の流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を開鎖する方法に於いて、先ず前記アクチュエータへの駆動用入力を所定の設定値にまで増加若しくは減少させて弁体を開弁方向へ移動させ、アクチュエータへの駆動用入力を前記設定値に短時間保持したあと、当該駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全閉状態にすることにより、ウォータハンマーを起生することなしに流体通路を開鎖することを発明の基本構成

請求項2の発明は、管路内圧が略一定の流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を閉鎖する方法に於いて、先ず前記アクチュエータへの駆動用入力を増加若しくは減少させ、弁体を閉弁方向へ移動させることによりバルブストロークを所定の設定値近傍に保持し、次に、当該バルブストロークを設定値に短時間保持したあと、前記駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全閉状態にすることにより、ウォータハンマーを起生することなしに流体道路を閉鎖することを発明の基本構成とするものである。

【0011】

請求項3の発明は、管路内圧が一定でない流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を閉鎖する方法に於いて、先ず前記アクチュエータへの駆動用入力を増加若しくは減少させ、弁体を閉弁方向へ移動させることによりバルブストロークを所定の設定値近傍に保持し、次に、当該バルブストロークを設定値に短時間保持したあと、前記駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全閉状態にすることにより、ウォータハンマーを起生することなしに流体道路を閉鎖することを発明の基本構成とするものである。

【0012】

請求項4の発明は、請求項1、2又は3の発明に於いて、バルブを常時閉鎖型空気圧作動式ダイヤフラムバルブ又はバルブの作動時にバルブ内容積が変化しない定容積・常時閉鎖型空気圧作動式ダイヤフラムバルブとしたものである。

【0013】

請求項5の発明は、請求項1、2、3、又は4の発明に於いて、バルブの閉鎖時間を極短時間とすると共に流体通路の圧力上昇値をバルブ閉鎖前の圧力値の10%以内とするようにしたものである。

【0014】

請求項6の発明は、バルブ本体と、バルブ本体を駆動するアクチュエータと、アクチュエータへ入力する駆動力を調整する自動駆動力制御器と、バルブ本体のバルブストロークを検出するバルブストローク検出器と、バルブ開閉指令信号Sとバルブストローク検出信号Spとバルブストロークの設定信号SGとが入力されると共に前記自動駆動力制御器へ駆動力制御信号SRを出力し、アクチュエータを介してバルブ本体のバルブストロークを設定値に短時間保持したあとバルブ本体を全閉にする制御回路とを発明の基本構成とするものである。

【0015】

請求項7の発明は、請求項6の発明に於いて、バルブ本体をダイヤフラム式バルブとすると共にアクチュエータを空気圧作動式アクチュエータとするようにしたものである。

【0016】

請求項8の発明は、請求項6又は請求項7の発明に於いて、バルブ本体を常時閉鎖型ダイヤフラム式バルブとすると共にアクチュエータを空気圧作動式アクチュエータとし、更に制御回路のバルブ全閉時間を極短時間とするようにしたものである。

【0017】

請求項9の発明は、バルブ本体と、バルブ本体を駆動するアクチュエータと、アクチュエータへ入力する駆動力を調整する自動駆動力制御器と、バルブ本体のバルブストロークを検出するバルブストローク検出器と、バルブ開閉指令信号Sとバルブストローク検出信号Spとバルブストロークの設定信号SGとが入力されると共に前記自動駆動力制御器へ駆動力制御信号SRを出力し、アクチュエータを介してバルブ本体のバルブストロークを設定値に短時間保持したあとバルブ本体を全閉にする制御回路とから成るウォータハンマーレスバルブ装置と、一次側流通路の流体圧を検出する圧力検出センサと、前記圧力検出センサからの流通路内圧の圧力検出信号P1と閉鎖時間検出センサからの閉鎖時間検出信号Tと許容圧力上昇値設定信号PMと閉鎖時間設定信号TSが入力されると共に、前記圧力検出信号P1と許容圧力上昇値設定信号PMとの比較及び閉鎖時間検出信号Tと閉鎖時間設定

定信号PMと閉鎖時間設定信号TSに最適のストローク設定値を選択する演算回路とを備えた演算記憶装置、とを発明の基本構成とするものである。

[0018]

請求項10の発明は、請求項9の発明に於いて、ウォータハンマーレスバルブ装置の制御回路を、閉鎖時間設定信号TSが入力され、バルブ本体の閉弁作動時に於けるアクチュエータの作動速度の調整により流体道路の閉鎖時間を制御可能な構成としたものである。

[0 0 1 9]

請求項11の発明は、バルブ本体と、バルブ本体を駆動するアクチュエータと、バルブ上流側配管路に着脱自在に固定した振動センサーと、バルブ開閉指令信号が入力されると共に、そのデータ記憶部に予かじめ記憶された制御信号 S_c によりアクチュエータへ入力するアクチュエータ作動圧 P_a を制御する電空変換制御装置と、前記振動センサーからの振動検出信号 P_r とアクチュエータへ供給するステップ圧力設定信号 P_s とステップ圧力の保持時間設定信号 T_s と許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} とが入力されると共に前記振動検出信号 P_r と許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} との比較を行ない、前記ステップ圧力設定信号 P_s を修正する比較演算回路を備え、前記保持時間設定信号 T_s 及び修正されたステップ圧力設定信号 P_s から成る制御信号 S_c を前記電空変換制御装置のデータ記憶部へ出力する演算制御装置とを発明の基本構成とするものである。

[0020]

請求項12の発明は、請求項11の発明に於いて演算制御装置を、ステップ圧力設定回路と保持時間設定回路と許容上限振動圧力設定回路と振動圧検出回路と比較演算回路とから構成すると共に、アクチュエータ作動圧をステップ変化させた直後の振動検出信号 P_r が許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} を越えた場合には、ステップ圧力設定信号 P_s を上昇する方向に、また、アクチュエータ作動圧を中間のステップ作動圧から零とした直後の振動検出信号 P_r が許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} を越えた場合には、ステップ圧力設定信号 P_s を下降させる方向に夫々修正する構成としたものである。

[00211]

請求項13の発明は、請求項11の発明に於いて電空変換制御装置を、演算制御装置からの制御信号S_cを記憶するデータ記憶部と信号変換部と電空変換部とから構成すると共に、データ記憶部に予かじめ記憶されたウォータハンマーを生じないときの制御信号S_{c'}に基づいて信号変換部からアクチュエータ作動圧制御信号S_eを出力し且つ電空変換部からアクチュエータ作動圧P_aを出力する構成としたものである。

199221

請求項1-4の発明は、流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブと、アクチュエータ作動式バルブへ二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a を供給する電空変換装置と、前記アクチュエータ作動式バルブの上流側管路に着脱自在に固着した振動センサと、振動センサにより検出した振動検出信号 P_r が入力されると共に電空変換装置へ前記二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a のステップ作動圧 P_s' の大きさを制御する制御信号 S_c を出力し、当該制御信号 S_c の調整により電空変換装置から振動検出信号 P_r がほぼ零となるステップ作動圧 P_s' の二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a を出力させるチャーニングボックスとする發明の基本構成とするものである。

[0 0 2 3]

請求項15の発明は流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブの上流側に振動センサを着脱自在に取り付け、振動センサからの振動検出信号 P_r をチューニングボックスへ入力すると共に、チューニングボックスからの制御信号 S_c を電空変換装置へ入力し、前記制御信号 S_c によって電空変換装置に於いて発生した二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a をアクチュエータへ供給してアクチュエータ作動式バルブを2段階作動により閉鎖するようにした流体道路の閉鎖方法に於いて、前記チューニングボックスに於いてアクチュエータへ供給する二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a と振動検出信号 P_r との相対関係を対比し、

はステップ作動圧 $P_{s'}$ を下降させ、前記ステップ作動圧 $P_{s'}$ の上昇又は下降による調整を複数回繰り返すことにより、振動検出信号 P_r がほぼ零となる2段階状作動圧 P_a のステップ作動圧 $P_{s'}$ を求め、当該振動発生がほぼ零となるステップ作動圧 $P_{s'}$ の2段階状の作動圧 P_a を電空変換装置から出力させるとときの制御信号 S_c のデータに基づいて、前記アクチュエータ作動式バルブを閉鎖するようにしたことを発明の基本構成とするものである。

又、請求項16の発明は、流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブの上流側に振動センサを取り付け、振動センサからの振動検出信号 P_r をチューニングボックスへ入力すると共に、チューニングボックスからの制御信号 S_c を電空変換装置へ入力し、前記制御信号 S_c によって電空変換装置に於いて発生した二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a をアクチュエータへ供給してアクチュエータ作動式バルブを2段階作動により閉鎖するようにした流体通路の閉鎖方法に於いて、前記チューニングボックスに於いてアクチュエータへ供給する二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a と振動検出信号 P_r との相対関係を対比し、1段目のアクチュエータ作動圧 P_a の上昇時に振動発生があるときにはステップ作動圧 $P_{s'}$ を下降させ、また、2段目のアクチュエータ作動圧 P_a の上昇時に振動発生があるときにはステップ作動圧 $P_{s'}$ を上昇させ、前記ステップ作動圧 $P_{s'}$ の下降又は上昇による調整を複数回繰り返すことにより、振動検出信号 P_r がほぼ零となる2段階状作動圧 P_a のステップ作動圧 $P_{s'}$ を求め、当該振動発生がほぼ零となるステップ作動圧 $P_{s'}$ の2段階状の作動圧 P_a を電空変換装置から出力させるとときの制御信号 S_c のデータに基づいて、前記アクチュエータ作動式バルブを閉鎖するようにしたことを発明の基本構成とするものである。

【0024】

請求項17の発明は、請求項15又は請求項16の発明に於いて、振動発生がほぼ零となる2段階状の作動圧 P_a を出力させるとときの制御信号 S_c のデータを電空変換装置の記憶装置へ入力したあと、振動センサ及びチューニングボックスを取り外しするようにしたものである。

【0025】

請求項18の発明は、請求項15又は請求項16の発明に於いて、振動センサをアクチュエータ作動式バルブの設置位置から1000mm以内の上流側位置に設けるようにしたものである。

【0026】

請求項19の発明は、請求項15又は請求項16の発明に於いて、2段階状の作動圧 P_a のステップ作動圧保持時間 t を1秒より小さく設定するようにしたものである。

【発明の効果】

【0027】

本願方法発明に於いては、流体圧力が一定の場合には、アクチュエータへの駆動力を設定値に保持するか、もしくはアクチュエータへの駆動力を調整して弁のバルブストローク ΔG を設定位置に保持することにより、最初の閉弁作動で弁体の移動を所定位置に一旦短時間停止させ、その後弁体を全閉位置へ移行させるようにした閉鎖方法により弁を閉鎖するようしているため、前記駆動力の設定値又はバルブストローク ΔG の設定値を適宜の範囲の値とすることにより、極く短時間（例えば300～1000msec）内に、しかもウォータハンマーを生ずることなしに流体通路を安全に閉鎖することができる。

【0028】

同様に、本願方法に於いては、流体圧力が変動する場合には、バルブストローク ΔG を制御要素とし、予かじめ設定した閉弁時にウォータハンマーを起さない範囲のバルブストローク ΔG に達したときに閉弁動作を短時間停止させ、その後当該バルブストローク ΔG の点から閉弁状態（バルブストローク $\Delta G = 0$ ）へ弁体を移行させる閉鎖方法としているため、バルブ本体の材質や構造に拘わらず常に安定したウォータハンマレスの流体通路

更に、本願装置発明に於いては、バルブ本体のバルブストローク ΔG を検出してこれを制御回路へフィードバックし、バルブ本体の閉鎖時にそのバルブストローク ΔG をより迅速且つ正確に所定の設定値へ到達させると共に、設定されたバルブストローク ΔG の点から全閉位置へ弁体を直ちに移行させるようにした閉弁作動により、弁の閉鎖を行なう構成としている。

その結果、簡単な構成にも拘わらず、極く短時間内にウォータハンマーの無い流体通路の閉鎖を行なうことが出来、管路内圧の振動的上昇による様々なトラブルを完全に除去することが可能となる。

【0030】

本願のウォータハンマーレス閉鎖装置に於いては、圧力検出センサPCによる圧力検出値 P_1 とバルブ本体10の閉鎖時間検出センサTCによる閉鎖時間検出信号 T とを演算・記憶装置15へフィードバックさせ、ウォータハンマーレスバルブ装置の制御回路13へ入力するストローク設定信号SGを、設定した閉鎖時間に於ける最適のストローク設定信号に制御する構成としている。

その結果、流通路の閉鎖時に万一流通路の内圧が許容圧力上昇値を越えた場合には、ストローク設定信号SGが自動的に最適値に修正されることになり、これによつて、その後の流体通路の閉鎖時に於ける許容最大圧力上昇値を越えるウォータハンマーの発生が、完全に防止されることになる。

【0031】

また、本願発明のウォータハンマーレス閉鎖装置に於いては、配管路 L_1 に振動センサ18を着脱自在に取り付け、振動センサ18により検出した振動検出信号Prを演算制御装置16へフィードバックさせ、電空変換制御装置17を介してバルブ本体10のアクチュエータ11へ印加するアクチュエータ作動圧Paを制御することにより、ウォータハンマーレス弁閉鎖を達成する構成としている。

その結果、バルブ本体10にストローク位置検出装置を設けなくとも、或いは、配管路 L_1 に圧力検出器を介さなくともウォータハンマーレス弁閉鎖が達成できると共に、対象とする配管路 L_1 について最適のウォータハンマーレス弁閉鎖の条件（即ち、アクチュエータ作動圧Paの制御条件）が求めれば、振動センサ18や演算制御装置16を取り外して他の配管路へ適用することが可能となり、経済的にも極めて有利となる。

【0032】

更に、本発明のウォータハンマーレス閉鎖装置に於いては、実作動状態の配管路のバルブ本体10の近傍に振動センサ18を設けると共に、電空変換装置20から所定の2段階状のアクチュエータ作動圧Paをバルブ本体10のアクチュエータ11へ印加することによりバルブ本体10を現実に開閉作動させ、前記2段階状アクチュエータ作動圧Paのステップ作動圧Ps'の最適値をバルブ本体10の実作動によって選定し、且つ選定したアクチュエータ作動圧Paを電空変換装置20の記憶装置へ記憶させるようにしている。

その結果、電空変換装置20からのアクチュエータ作動圧Paによりバルブ本体10をより確実且つ迅速に、流体通路にウォータハンマーを生ずることなしに急閉鎖することが可能となる。

【0033】

加えて、前記2段階状のアクチュエータ作動圧Paの選定・設定（チューニング）も、5～6回のバルブ本体10の実作動によって簡単に完了することが出来、しかも、適宜の大きさのステップ作動圧Ps'を有するアクチュエータ作動圧Paをアクチュエータ11へ加えることにより、第1回目のバルブ本体10の実閉鎖時の圧力振動の振幅値もより低い値に抑えることができ、配管路に大きな悪影響を加えることなしに、前記アクチュエータ作動圧Paの最適値を予かじめ正確に求めることが出来る。

【0034】

そのうえ、パソコンを活用することにより、前記2段階状アクチュエータ作動圧Paの選

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

先ず、本願発明者等は、半導体製造装置の水分や液体供給系に於けるウォータハンマーの発生状況を調査するため、空気圧作動ダイヤフラム弁を用いて流体流通路を全開から全閉に切換えた場合の流路の圧力変動を観察した。

図1は、上記調査に用いた試験装置の回路構成図であり、図1に於いて1は水タンク、2は水タンク加圧源、3は圧力センサ、4は弁、5は電空変換装置、6は弁駆動用ガス源、7は信号発生器、8はストレージオシロスコープである。

【0036】

前記水タンク1は約30lの容量を有する密閉構造型であり、その内部には約25lの流体(25°Cの水)が貯留されている。

また、水タンク1は加圧源2からのN₂により100~300KPaGの範囲で調整自在に加圧されている。

【0037】

前記圧力センサ3は、弁4の上流の水圧を高感度で検出可能なセンサーであり、本試験装置に於いては拡散半導体方式の圧力センサーを使用している。

【0038】

前記弁4としては、ダイヤフラム式空圧弁を使用しており、その仕様は流体入口圧力0.1MPa、流体出口圧力0.3MPa、流体温度10~100°C、CV値0.27、操作空気圧0.3~0.6MPa、接液部の材質(バルブボディPTFE、ダイヤフラムPTFE)、通路内径4mmである。

即ち、当該弁4はノーマルクローズ型の合成樹脂ダイヤフラムを弁体とする空気作動式ダイヤフラム弁であり、スプリング(図示省略)の弾性力によりダイヤフラム弁体が常時弁座へ当座し、閉弁状態に保持される。又、作動用空気圧の供給によりアクチュエータ4aが作動し、ダイヤフラム弁体が弁座から離座することにより開弁状態に保持される。

従って、当該ノーマルクローズ型の空気作動式ダイヤフラム弁を閉弁するには、アクチュエータ4aへ開弁のために供給している作動空気圧を減少させる必要がある。

尚、本願発明に於いては、上記ノーマルクローズ型の空気作動式ダイヤフラム弁に替えてノーマルオープン型の空気作動式ダイヤフラム弁を使用してもよいことは勿論であり、この場合には、アクチュエータ4aへ供給する作動空気圧を上昇させることにより、弁が閉鎖されることになる。

【0039】

前記電空変換装置5は、弁開度を指示する入力信号に対応した駆動圧力(空気圧)を弁4のアクチュエータ4aへ供給するためのものであり、本試験装置に於いては図2に示す如き構成の電空変換装置5を使用している。

即ち、入力信号Iが制御回路Aへ入力されると、給気用電磁弁Bが開になり、供給圧力Cの一部が給気用電磁弁Bを通して出力圧力P aとなり弁4のアクチュエータ4aへ供給される。

この出力圧力P aは圧力センサEを介して制御回路Aへフィードバックされ、入力信号Iに対応する出力圧力P aになるまで、訂正動作が行なわれる。尚、図2に於いて、Fは排気用電磁弁、Gは排気、Hは電源、Jは入力信号Iに対応する出力信号であり、当該出力信号J(即ち、入力信号I)が後述するストレージオシロスコープ8へ入力電圧として入力される。

【0040】

図3は、前記電空変換装置5の入力信号I値(入力電圧V)と出力圧力P aの関係を示す線図であり、入力電圧5V(作動用空気圧P=約5kgf/cm²・G)で弁4は全開状態に保持されることになる。

【0041】

、所望の電圧出力が入力信号 I として電空変換装置 5 へ出力される。

更に、前記ストレージオシロスコープ 8 は、圧力センサー 3 からの上流側管路 L₁ 内の検出圧力信号 P₁ (電圧 V) や電空変換装置 5 への入力信号 I (入力電圧 V) が入力され、管路 L₁ の圧力 P₁ の変動や入力信号 (入力電圧 V) I の変動等が観測・記録される。

尚、本試験装置に於いては、ストレージオシロスコープ 8 を利用しており、時間軸の読み取りは 5.00 ms e c / 1 目盛である。

【0042】

図 1 を参照して、先ず、水タンク 1 内の圧力 P_T を 3 kgf/cm² · G の一定圧力に保持し、アクチュエータ 4 a へ 5 kgf/cm² · G の空気圧 P_a を供給して弁 4 を全閉状態にした。尚、この時の弁 4 と水タンク 1 間の配管路 L₂ の内径は 4.0 mm、長さは約 2.5 m、水の流量は Q = 約 3.45 l/min であった。

【0043】

この状態から、弁 4 のアクチュエータ 4 a への供給空気圧 P_a を、(a) 5 kgf/cm² · G (全開) → 0 kgf/cm² · G (全閉) にしたとき、(b) 5 → 1.9 → 0 にしたとき、(c) 5 → 1.66 → 0 にしたとき、(d) 5 → 1.65 → 0 にしたとき、(e) 5 → 1.62 → 0 にしたとき、(f) 5 → 1.50 → 0 にしたときの夫々について、上流側管路 L₁ の内圧 P₁ の変化をストレージオシロスコープ 8 により観測した。

【0044】

図 4 はその観測結果を示すものであり、上記図 4 の (a) ~ (f) からも明らかなように、5 kgf/cm² · G (全開) → 0 (全閉) の過程を経て弁 4 を全閉にした場合には、図 4 の (a) のように最大 9.15 kgf/cm² · G の振幅の圧力 P₁ の変動が表わされた。

【0045】

これに対して、供給圧力 P_a を 5 → 1.65 → 0 (図 4 - (d)) と変化させた場合には管路圧力 P₁ に殆んど変動が生じず、ウォータハンマーの発生が完全に防止されることが判る。

【0046】

一方、供給圧力 P_a を 5 → 1.50 → 0 (図 4 - (f)) と変化させた場合には、管路圧力 P₁ に最大振幅 2.90 kgf/cm² · G の振動が発生した。

【0047】

上記の各試験結果から、当該弁 4 の場合、弁 4 を全閉から全閉に切換える際にアクチュエータ 4 a への作動空気圧 P_a を 5 V (全開) → 1.65 V (開弁度 0.072 mm / 1.93 mm × 100 = 3.73 %) → 0 (全閉) の過程を経て閉鎖することにより、ウォータハンマーの発生を完全に防止できることが判る。

【0048】

即ち、管路 L₁ の内圧 P₁ が一定の場合には、(1) 全開状態からある一定の開弁度まで瞬時に急閉し、その後短時間置いて全閉状態にすることにより、約 500 ~ 1000 ms e c の間にウォータハンマーを発生することなしに流体通路を開鎖できること、及び(2) 前記最初の弁体の停止位置、即ち弁開度が一定値よりも大きくても、或いは小さくても、ウォータハンマーの発生を防止することができないことが判る。

【0049】

図 5 は、同じ弁 4 を用い、図 4 の場合と同じ条件下で弁の全開一全閉試験を繰り返した時の管路内圧 P₁ の上昇状況をグラフ化したものであり、何れの試験に於いても、管路 L₁ の内圧 P₁ が一定 (3 kgf/cm² · G) の時には、最初 (1 段目) に弁体を一旦停止させるためのアクチュエータへの供給空気圧 P_a が約 1.65 kgf/cm² · G の時に、内圧 P₁ の圧力上昇値が略 0 となっている。

【0050】

図 6 は、前記図 4 の試験に於いて、アクチュエータ 4 a への供給圧 P_a とバルブストロー

閉鎖により閉弁したものである。

尚、バルブストローク ΔG (mm) はボテンショメータを用いて測定されており、ダイヤフラム弁体を上方より押圧する弁シャフトの全閉位置から開弁方向への移動量をバルブストローク ΔG (mm) と規定している。

【0051】

図6の(a)～(f) から明らかなように、アクチュエータ4aへの供給空気圧 P_a が $1.9 \text{ kg f/cm}^2 \cdot G$ のときのバルブストローク ΔG は 0.782 mm となり、 $P_a = 1.66$ のときは $\Delta G = 0.108$ 、 $P_a = 1.65$ のときは $\Delta G = 0.072 \text{ mm}$ となる。

又、図6の(d) からも明らかなようにバルブストローク $\Delta G = 0.072 \text{ mm}$ (開弁度 $0.072 / 1.93 \times 100 = 3.73\%$) のときにウォータハンマーの発生が略0となる。

即ち、管内圧力 P_1 が一定の下に於ける多段階式閉鎖に於いては、弁開度 ΔG が前記0.072よりも大きくても或いは小さくても、ウォータハンマーが発生することになる。

【0052】

図7は、上記図6と同じ条件下でアクチュエータ4aへの供給圧 P_a を変化させた場合に於けるバルブストローク ΔG と管路の圧力上昇 ΔP_1 との実測値を示す線図であり、何れも最初(1段目)に弁体を一旦停止させる位置を、バルブストローク $\Delta G = \text{約 } 0.07 \text{ m}$ m位の位置としたときに、ウォータハンマーの発生が略0となっている。

【0053】

次に、水タンク1の内圧 P_T が変化した場合のウォータハンマーの発生防止について、図1の試験装置を用いて試験をした。

図8の(a)～(c) はその結果を示すものであり、タンク内圧 P_T が $3 \text{ kg f/cm}^2 \cdot G$ のとき、アクチュエータへの供給圧 P_a を $5 \rightarrow 1.65 \rightarrow 0$ とする多段階式閉鎖に於いては、管路内圧 P_1 の振動的な上昇は見られない(図8(a))。

しかし、タンク内圧 P_T が変化すると、図8(b)及び図8(c)の矢印Aからも明らかのように、管路内圧 P_1 に若干圧力変動を生ずることになる。

【0054】

図9は、前記図8の試験時に、アクチュエータ4aの作動圧 P_a が $1.65 \text{ kg f/cm}^2 \cdot G$ のときのバルブストローク ΔG をボテンショメータにより計測したものであり、弁4のダイヤフラム弁体にかかる流体(水)の圧力によって、アクチュエータ4aへの供給圧($1.65 \text{ kg f/cm}^2 \cdot G$)が同一であってもバルブストローク ΔG が変化し、その結果、前記図8の(b)、(c)のAのように、管路内圧 P_1 に振動的な変動が生ずることとなる。

【0055】

図10は、弁の多段階式閉鎖に於いて、タンク内圧 P_T と管路内圧 P_1 の変動を防止できるアクチュエータの作動圧 P_a との関係を示す線図であり、曲線 A_3 はタンク内圧 $P_T = 3 \text{ kg f/cm}^2 \cdot G$ のとき、曲線 A_2 は $P_a = 2$ 、曲線 A_1 は $P_a = 1$ のときを示すものであり、ウォータハンマーの発生を防止できるアクチュエータ圧力 P_a の範囲がタンク内圧 P_T によって大きく変動することが判る。

【0056】

即ち、図5及び図7の試験結果からも明らかなように、タンク内圧 P_T 即ち管路 L_1 の内圧 P_1 が略一定の場合には、弁4のアクチュエータ4aへ供給する作動圧 P_a を制御する多段階式閉鎖により(本実施形態の常時閉鎖型空気圧作動ダイヤフラム弁に於いては、 $P_a = 5 \text{ kg f/cm}^2 \cdot G \rightarrow 1.65 \text{ kg f/cm}^2 \cdot G \rightarrow 0$ の多段階式閉鎖)、約 $500 \sim 1000 \text{ msec}$ の短時間内に、ウォータハンマーの発生を略完全に防止しつつ管路 L_1 を高遠閉鎖することが出来る。

【0057】

鎖に於いてウォータハンマーの発生を完全に防止することは困難である。

そこで、本件出願人は、前記アクチュエータ4aへの供給圧Paの制御に変え、弁4のバルブストローク△Gを制御要素とし、タンク内圧PTをパラメータとする多数の多段階式閉鎖試験を行なった。

尚、試験装置は前記図1の場合と略同一であり、弁4のバルブストローク△Gを計測するボテンショーメータをこれに付加した点が異なるだけである。

【0058】

図11は、弁4を多段階式閉鎖した場合の、タンク内圧PTをパラメーターとしたバルブストローク△Gと管路圧力上昇△P₁の関係を示すものであり、図12は図1の要部の拡大図である。

尚、図11及び図12に於いてA₁、A₂はタンク内圧PTが3kgf/cm²・Gのとき、A₂、A₂'はPT=2kgf/cm²・Gのとき、A₁、A₁'はPT=1kgf/cm²・Gのときを夫々示すものである。

【0059】

図12からも明らかかなように、バルブストローク△Gを制御することによって弁4の多段階式閉鎖を行なった場合には、管路L₁内の内圧P₁の大・小に拘わらず、バルブストローク△Gが0.07~0.08mmの間で一旦閉弁作動を短時間停止させ、その後全閉状態とすることにより、約500~800msの短時間内にウォータハンマーを生ずることなしに弁4を全開から全閉に急閉鎖できることが判る。

【0060】

図13は、前記図11及び図12等の試験結果に基づいて構成した本件発明に係るウォータハンマーレスバルブ装置のプロック構成図を示すものである。

図13に於いて、10はバルブ本体、11はアクチュエータ、12は自動駆動力制御器、13は制御回路、14はバルブストローク検出器である。

【0061】

前記バルブ本体10は配管路L₁内に介設されており、本実施形態に於いてはダイヤフラム弁体を備えたバルブ本体10が使用されている。

尚、バルブ本体そのものは如何なる型式であってもよいことは勿論であり、ディスク弁体を備えたディスク弁等であってもよい。

また、本実施形態では弁座内径が4.00mmのダイヤフラム弁を弁4として使用しているが、弁4の大きさは10A~100A位今まで自由に選定可能である。

【0062】

前記アクチュエータ11はバルブ本体10の駆動部であり、本実施形態に於いては空気圧シリングダがアクチュエータとして利用されており、スプリング11aによってピストン11bを下方向へ押圧することにより、バルブ本体10は閉鎖され、また逆に、自動駆動力制御器12より駆動圧Paを供給し、ピストン11bをスプリング11aの弾性力に抗して上方へ押し上げることにより、バルブ本体10は開放される。

【0063】

尚、本実施形態に於いては、アクチュエータ11として空気圧シリングダを使用しているが、油圧シリングダ型のアクチュエータ11であっても、或いは電動式（ソレノイドやモータ、圧電素子）のアクチュエータ11であっても良いことは勿論である。

また、本実施形態では常時閉鎖型の弁4を使用しているが、常時開放型の弁4であってもよく、更に、本実施形態ではアクチュエータ4aへ供給する駆動圧Paを増加させることにより閉弁するようにしているが、アクチュエータ4aへ供給する駆動圧Paを減少させることにより閉弁させる構成とすることも可能である。

【0064】

自動駆動力制御器はアクチュエータ4aへの供給駆動力を調整するものであり、本実施形態では、コンプレッサー（図示省略）等の加圧源からの供給空気圧Pa₀を所定の圧力P

尚、アクチュエータ11に電動式アクチュエータが使用される場合には、当該自動駆動力制御装置は電気出力の制御器になることは勿論である。

【0065】

前記制御回路13へは、バルブストローク検出器14からのバルブストローク△Gの検出信号S_P、バルブ本体10への開閉指令信号S及び多段階式閉鎖に於ける中間停止位置（即ち制御バルブストローク△G）の設定信号SG等が入力されると共に、自動駆動力制御器12へ、所定のバルブストローク△Gを与えるのに必要な制御圧力P_aを出力する圧力制御信号SRが出力される。

即ち、制御回路13では、バルブストローク検出器14からのバルブストローク検出信号S_Pと中間停止位置の設定信号SGとが比較され、両者の差が零となるようにアクチュエータ11への供給空気圧P_aが調整されることになる。

尚、本実施形態では、制御回路13と自動駆動力制御器12とを別体として表示しているが、両者を一体化してもよいことは勿論である。

【0066】

図13を参照して、定常状態に於いては、自動駆動力制御器12から所定の圧力（例えば5kgf/cm²・G）の空気圧P_aがアクチュエータ11へ供給されており、ピストン11bをスプリング11aに抗して上方へ押し上げることにより、バルブ本体10は全開されている。

【0067】

今、緊急時に、制御回路13へ弁閉鎖指令信号Sが入力されると、バルブ本体10は所謂多段階式閉鎖により緊急閉鎖される。即ち、先ず前記アクチュエータ11への供給空気圧力P_aがバルブストローク設定信号SGにより与えられた圧力値（例えば1.65kgf/cm²・G）にまで瞬時に下降され、これによってピストン11bは、スプリング11aの弾性力によって下降し、シャフト11cに連結された弁体（図示省略）を所定のバルブストローク△Gの位置にまで下降させ、ここで短時間（例えば300～500msec）停止する。

【0068】

バルブ本体10の作動時には、バルブストローク検出器14からのストローク検出信号S_Pが制御回路13へ入力されており、当該ストローク検出信号S_Pとバルブストローク設定信号SGとの対比によって制御空気圧P_aの調整が行なわれ、バルブ本体10のバルブストローク△Gは100～200msecの間に所定の設定位置に保持される。

【0069】

所定のバルブストローク△Gの位置に短時間（300～500msec）停止したバルブシャフト11cは、その後空気圧P_aが自動駆動力制御器12を介して0に下降されることにより、全閉鎖位置まで瞬時に下降する。

これにより、バルブ本体10は、所謂ウォータハンマーを生ずることなしに全閉されることになり、全閉に要する時間は、本実施形態（管路径4mm）に於いては約300～1000msecの間である。

【0070】

尚、上記実施形態に於いては、弁として弁座内径が4.00mmのダイヤフラム式空気作動弁を用いた場合について主として説明したが、本発明はより大型（例えば25～100A）のグローブ弁やディスク弁にも適用できることは勿論である。

【0071】

図14は、本発明に係る流体通路のウォータハンマレス閉鎖装置の第1実施例の基本構成を示すものであり、前記図13に示したウォータハンマレス弁装置に弁閉鎖時間Tと許容圧力上昇値PMを制御要素として付加したものである。即ち、当該ウォータハンマレス閉鎖装置に於いては、一次側圧力の検出センサPCと弁閉鎖時間の検出センサTCと各センサPC、TCからの検出値P₁、Tが入力される演算・記憶回路15とが、前記

更に、閉鎖時間設定信号TSはウォータハンマレス弁装置の制御回路13へも入力されており、制御回路13から自動駆動力制御器12へ出力される駆動力制御信号SRの出力状態を調整することによってアクチュエータ11の作動速度（即ち、アクチュエータ11への作動圧Paの印加状態）を制御し、これによりバルブ本体10の全開から全閉までの時間を調整するように構成されている。

【0073】

前記弁閉鎖時間検出センサTCはアクチュエータ11に設けられており、バルブシャフト11cの作動開始（開弁）から作動停止（閉弁）までの時間Tを検出し、これを演算・記憶回路15へ入力する。

また、前記圧力検出センサPCは一次側流通路L1に設けられており、流体圧力の検出値P1を演算・記憶回路15へ入力する。

【0074】

前記演算・記憶回路15には圧力比較回路、時間比較回路、演算回路及び記憶回路が夫々設けられており、圧力比較回路では許容圧力上昇値設定信号PMと圧力検出信号P1との比較が、また時間比較回路では閉鎖時間設定信号TSと閉鎖時間検出信号Tとの比較が行なわれる。

また、前記記憶回路には、予かじめ実測により求めたバルブ本体の、閉鎖時間Tをパラメータとしたストローク設定値と圧力上昇値との関係データが多数記憶されている。

【0075】

更に、前記演算回路は、圧力検出信号P1が許容圧力上昇値設定信号PMを越えた場合に、閉鎖時間Tが閉鎖時間設定信号TSを越えているか否かに応じて、前記記憶回路に記憶されている閉鎖時間Tが閉鎖時間設定信号TSよりも短かくて且つこれに最も近い場合の圧力上昇値とストローク設定値のデータを選定し、そのデータの中から圧力検出値P1が許容圧力上昇値設定信号PM以下となるストローク設定信号SGを選定し、これを制御回路13へ入力する。

【0076】

尚、前記閉鎖時間設定信号TSの最小値は、バルブ本体10やアクチュエータ11の作動特性から制約を受けることになるが、通常は1~3secの値に設定されている。

また、バルブ本体10の閉鎖時間設定信号TSは、許容される範囲でなるべく長目に選定される。何故なら、閉鎖時間Tが長いほどウォータハンマーが起生し難くなるからである。

【0077】

当該ウォータハンマレス閉鎖装置の使用に際しては、閉鎖時間設定信号TS、許容圧力上昇値設定信号PMを入力する。これにより、演算・記憶装置15の記憶回路から、適宜のストローク設定信号SGが输出され、制御回路13へ入力される。

流体流路L1の閉鎖に際しては、バルブ開閉指令信号Sが制御回路13へ入力され、これによってバルブ本体10は、全開から全閉に切換わる。

この時、万一一次側流通路の内圧P1がウォータハンマーの起生によって振動した場合には、圧力検出センサPCからの圧力検出信号P1がフィードバックさせ許容圧力上昇値設定信号と比較され、万一圧力検出信号P1が許容圧力上昇値設定信号PMを越えている場合には、演算回路によって新たなストローク設定信号SGが選定され、制御回路13へ入力される。

【0078】

その結果、バルブ本体10のステム11cは新たなストローク位置へ瞬時に戻されることになり、次回のバルブ本体10の開閉作動時には、前記ウォータハンマーによる圧力上昇が許容最大圧力上昇値PM以下に抑えられることになる。

【0079】

図15及び図16は、本発明に係る流体通路のウォータハンマレス閉鎖装置の第2実

器（位置検出器）を取り付けすることが困難な場合に、主として利用されるものである。

【0080】

図15及び図16を参照して、当該ウォータハンマーレス閉鎖装置は、図13のウォータハンマーレス弁装置からバルブストローク検出器14を取り除いた形態のバルブ本体10と、アクチュエータ11と、電空変換制御装置17と、アクチュエータ作動圧Paの段階的切換え及び切換後の圧力保持時間Ts等を制御可能とした演算制御装置16と、上流側配管路L1に着脱自在に固定した振動センサー18とを組み合せ、弁本体10のアクチュエータ11に加えるアクチュエータ作動圧Paの段階的切換え（図16（a）のP2, maxからPsへの切換（ステップ圧力Ps）やステップ圧力Psの保持時間Tsを適宜に選定して、ウォータハンマーレス閉鎖を可能とする弁本体10の閉鎖条件を予かじめ設定記憶しておくことを可能としたものである。

【0081】

即ち、図15及び図16に於いて、16は演算制御装置、17は電空変換制御装置、18は振動センサー、6は弁駆動用ガス源、10はバルブ本体、11はアクチュエータであり、弁駆動用ガス源6からの駆動圧Pao（本実施例の場合約0.6MPa）が電空変換制御装置17によって図16（a）の如き状態のステップ状の作動圧力Paに変換され、アクチュエータ11へ印加されることになる。

【0082】

尚、アクチュエータ11へ加えるアクチュエータ作動圧Paやその保持時間Tsは、後述するような方法によって、予かじめバルブ上流側配管路L1毎に弁本体10の閉鎖作動試験によって求められた演算制御装置16からの制御信号Scによって制御されており、当該振動センサー18及び演算制御装置16は、弁本体10の閉鎖作動試験による前記制御信号Scの選定が完了すれば、上流側配管路L1から取り外しされることになる。

【0083】

即ち、前記演算制御装置16にはステップ圧力設定Psの設定回路16a、圧力保持時間設定信号の設定回路16b、許容上限振動圧力設定信号Prmの設定回路16c、管路の振動圧検出回路16d及び比較演算回路16e等が設けられており、振動センサー18により検出した弁本体10の閉鎖時の内圧P1の変動による振動検出信号Prと、ステップ圧力設定信号Psと、ステップ圧力保持時間設定信号Tsと、許容上限振動圧力設定信号Prmとが夫々入力されている。

【0084】

そして、前記比較演算回路16eでは振動検出信号Prと許容上限振動圧力設定信号Prmとが比較され、両者の間に差異がある場合には、後述するようにステップ圧力設定信号Psが修正され、当該修正されたステップ圧力設定信号Psと保持時間設定信号Tsとを含む制御信号とそが電空変換制御装置17のデータ記憶部へ出力されて行く。

【0085】

また、前記電空変換制御装置17には、データ記憶部17aと信号変換部17b（信号発生器7）と、電空変換部17c（電空変換装置5）等が設けられており、信号変換部17bからのアクチュエータ作動圧制御信号Scが電空変換部17cへ入力されることにより、アクチュエータ11へ供給するアクチュエータ作動圧Paが、図16の（a）のように段階的に切換え変換される。

尚、当該電空変換制御装置17へは、バルブ開閉指令信号S及びバルブ本体10の作動状況（NO又はNC）に対応するための切換信号Soが入力されている。

【0086】

図16を参照して、先ず配管路L1に振動センサー18を固定する。次に、演算制御装置16へ適宜のステップ圧力設定信号Ps、ステップ圧力保持時間設定信号Ts及び許容上限振動圧力設定信号Prmを入力すると共に、電空変換制御装置17のバルブ本体切換信号So及びアクチュエータ作動用流体供給圧Paoを適宜に設定する。

16の(a)の如き形態のアクチュエータ作動圧 P_a を供給する。

今、時刻 t_1 に於いて、アクチュエータ作動圧 P_a を $P_{a\max}$ から P_s まで下降させると、弁本体10の流体通路は中間位置まで閉鎖され、更に設定保持時間 T_s が経過した時刻 t_2 に於いて、アクチュエータ作動圧 P_s が零にされることにより、弁本体10は全閉状態となる。

【0088】

この間に、ウォータハンマーの発生により配管路 L_1 の内圧 P_1 が変化すると、その変化の状態は振動センサー18により検出され、振動検出信号 P_r は演算制御装置16へ入力される。

演算制御装置16では、検出信号 P_r と許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} とが比較され、もしも、 A_1 の位置(時刻 t_1)に於いては振動を発生しないか又は振動の大きさが許容値内であるが、 A_2 の位置(時刻 t_2)に於いて振動が許容値 P_{rm} を越える場合には、アクチュエータ作動圧 P_s を少し下降させるようにステップ圧力設定信号 P_s が修正され、この修正されたステップ圧力設定信号 P_s とその保持時間設定信号 T_s が制御信号 S_c として演算制御装置16から電空変換制御装置17へ出力され、その後再度同様のバルブ本体10の閉鎖作動試験が行なわれる。

【0089】

また、逆に、もしも、 A_1 の位置(時刻 t_1)で発生した振動が許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} を越える場合には、前記ステップ圧力設定信号 P_s を少し上昇させる方向に設定信号 P_s が修正され、演算制御装置16から電空変換制御装置17へ制御信号 S_c として出力され、その後再度同様のバルブ本体10の閉鎖作動試験が行なわれる。

【0090】

上記0070及び0071に記載の如き作動試験を繰り返すことにより、振動センサー18を設けた配管路 L_1 のウォータハンマーレス閉鎖に必要なアクチュエータ11の中間作動圧力 P_s (ステップ圧力設定信号 P_s)が所定のステップ圧力保持時間設定信号 T_s (バルブ閉鎖時間 T_s)について選定されることになり、この選定されたウォータハンマーを起さない最適のステップ圧力設定信号 P_s とその保持設定時間 T_s を与える制御信号 S_c が、電空変換制御装置17のデータ記憶部17aに記憶され、以後の管路 L_1 の閉鎖は、この記憶された制御信号 S_c に基づいてアクチュエータ作動圧 P_a を制御することにより行なわれる。

【0091】

尚、上記図15及び図16の実施例に於いては、アクチュエータ作動圧 P_a を2段階に切換え制御するようにしているが、必要な場合には3段階や4段階の切換としてもよいことは勿論である。

また、ステップ保持時間設定信号 T_s は通常0.5~1秒の間に設定され、当該時間 T_s が短かくなるにつれて、ウォータハンマーレス閉鎖の条件を見出すことが困難になることは勿論である。

【0092】

図17は、本発明に係る流体通路閉鎖方法とこれに用いるウォータハンマーレス閉鎖装置の第3実施例を示すものである。

図17に於いて、 L_1 は配管路、10はバルブ本体、11はエアーアクチュエータ、18は振動センサ、19はチューニングボックス、20は電空変換装置であり、ウォータハンマーレス閉鎖装置としての基本的な構成は、図15に示した第2実施例の場合とほぼ同じである。

【0093】

前記チューニングボックス19は、バルブ本体10の上流側に取付けした振動センサ18からの振動検出信号 P_r がフィードバック信号として入力され、当該フィードバック信号 P_r からウォータハンマーの発生を検出すると共に、電空変換装置20へアクチュエータ

のアクチュエータ作動圧 P_a のステップ作動圧 $P_{s'}$ の大きさ及びステップ作動圧保持時間 t の最適値を演算し、当該アクチュエータ作動圧 P_a を電空変換装置 20 からアクチュエータ 11 へ出力させるための制御信号 S_c を電空変換装置 20 へ出力する。

【0094】

また、当該チューニングボックス 19 には、バルブ本体 10 のエアーアクチュエータ 11 の作動型式（N.O. 又は N.C.）に対応して制御信号 S_c を切換えるための切替えスイッチが設けられている。

【0095】

図 18 は、チューニングボックス 19 の主要部を形成するパソコンの画面表示の一例を示すものであり、バルブ本体 10 の開閉状態、エアーアクチュエータ 11 へのアクチュエータ作動圧 P_a 、配管路 L の振動状況、ステップ作動圧 $P_{s'}$ 及び配管振動値、オートチューニングの条件設定、マニアル開閉の条件設定、バルブ本体 10 の作動型式等の画面表示が可能な構成になっている。

【0096】

前記電空変換装置 20 は、信号変換器と電空変換器とを組み合わせたものであり、図 19 に示す如く給気用電磁弁 B、排気用電磁弁 F、圧力センサ E、制御回路 A 等から構成されており、基本的には図 2 の (a) 及び (b) に示したものとほぼ同じ構成を有している。

【0097】

即ち、給気電磁弁 B へは 0.6 MPa 以上の空気圧が供給されており、0~0.5 MPa の空気圧がアクチュエータ作動圧制御圧力 P_a としてエアーアクチュエータ 11 へ出力される。

また、当該電空変換装置 20 の制御回路 A には、基板 A_1 と外部入出力インターフェイス A_0 等が設けられており、また、外部入出力インターフェイス A_0 には二つのコネクタ A_c 、 A_d が設けられている。そして、コネクタ A_c へは供給電源（DC 24 又は 12 V）、開閉信号 I（電圧入力又は無電圧入力）、圧力モニタ（0~5 DCV・0~981 KPa G）が接続され、また、コネクター A_d へはチューニングボックス 19 が接続される。

【0098】

図 20 は、当該第 3 実施例に於けるオートチューニングの実施フローを示すものであり、また、図 21 はエアーアクチュエータ 11 へ加えるアクチュエータ作動圧 P_a と振動の発生との相対関係を示すものである。

尚、アクチュエータ作動圧 P_a としては、図 16 の場合と同様に 2 段階状のアクチュエータ作動圧 P_a が加えられている。

【0099】

図 20 を参照して、図 17 に示す如く振動センサ 18 を配管路 L の所定位置（バルブ本体 10 から約 1000 mm 以内の上流側位置、望ましくは 100~1000 mm 上流側へ離れた位置）に固定すると共に、チューニングボックス 19 及び電空変換装置 20 を夫々セッティングする。

次に、オートチューニング開始信号の入力（ステップ S_1 ）により弁全開状態に約 2 秒間保持した（ステップ S_2 ）あと、2 段階状のアクチュエータ作動圧 P_a を加えることにより、制御が行われる（ステップ S_3 ）。尚、ステップ作動圧 $P_{s'}$ の保持時間 t は、後述するように 0.5~1 second に設定されている。

【0100】

バルブ本体 10 の閉鎖により配管路 L に発生した振動は、振動センサ 18 からの振動検出信号 P_r により検出並びに確認され（ステップ S_4 ）、振動が図 21 の A 点で発生しているか、又は B 点で発生しているかを確認し（ステップ S_5 、 S_6 ）、A 点で発生している場合には、アクチュエータ作動圧 P_a のステップ作動圧 $P_{s'}$ が増加され（ステップ S_7 ）

【0101】

上記バルブ本体10の閉鎖制御を繰り返す（通常は数回～15回）ことにより、振動を全く生じない最適のステップ作動圧 $P_{s'}$ を有するアクチュエータ作動圧 P_a 最終的には得られることになり、このオートチューニングにより得られた振動を完全に防止可能な2段階状のアクチュエータ作動圧 P_a を出力する制御信号 S_c を電空変換装置20へ入力することにより、バルブ本体10を閉鎖するようにする。

【0102】

前記オートチューニング時に加える2段階状のアクチュエータ作動圧 P_a のステップ作動圧保持時間 t は、短いほど好都合であるが、空気作動式アクチュエータ11にあっては $t=1$ 秒以下とするのが望ましい。

尚、前記図20及び図21に於いては、ノーマルクローズ型の空気作動式ダイヤフラム弁を使用し、アクチュエータ作動圧 P_a を供給することによって開弁中のバルブ本体10を閉鎖する場合について説明しているが、ノーマルオープン型の空気作動式ダイヤフラム弁を使用し、アクチュエータ作動圧 P_a を2段階に分けて上昇させることによりウォータハンマーレス閉鎖を行なうことも勿論可能であり、この場合にアクチュエータ作動圧 P_a のステップ作動圧 $P_{a'}$ の調整が前記ノーマルクローズ型の場合とは逆になり、一段目のアクチュエータ作動圧 P_a の上昇時に振動が発生したときにはステップ作動圧 $P_{a'}$ を下降させ、また2段目のアクチュエータ作動圧 P_a の上昇時に振動が発生したときには、ステップ作動圧 $P_{a'}$ を上昇させることになる。

【0103】

図22は、バルブ開閉時の内容積無変化型の空気圧作動バルブ(19, 0.5mm)を用い、液体ラインの圧力が0.098MPa、0.198MPa及び0.294MPaの三種の配管路を、アクチュエータ作動圧 P_a が0.490MPaG-0.19MPaG-0PaGの2段階状の作動圧 P_a を用いて閉鎖したときの、ステップ作動圧保持時間 t と液体ラインの圧力上昇△P(MPaG)との関係を示すものである。ステップ作動圧保持時間 t を1秒以上にすれば、圧力上昇△Pをほぼ零にすることが出来るが、 t が0.5秒以下になると、圧力上昇△Pが大きくなることが判っている。

【0104】

尚、前記オートチューニング操作が完了して、配管路Lのウォータハンマーレス閉鎖が可能な制御信号 S_c （即ち、ウォータハンマーレス閉鎖が可能な2段階状のアクチュエータ作動圧 P_a を出力するための制御信号 S_c ）が求まれば、前記制御信号 S_c （即ち、作動圧 P_a ）のデータを電空変換装置20へ転送し、別途にこれを記憶しておく。そして、オートチューニング19及び振動センサ18を取り外す。

【0105】

バルブ本体10の急閉鎖が必要な場合には、予めオートチューニングにより求めた前記制御信号 S_c のデータを用い、電空変換装置20からウォータハンマーレス閉鎖が可能な2段階状のアクチュエータ作動圧 P_a をバルブ本体10のアクチュエータ11へ出力する。

【0106】

前記図17の実施例に於いては、オートチューニング操作が完了すれば、アクチュエータ作動圧 P_a （ステップ作動圧力 $P_{s'}$ とその保持時間 t ）が定まれば、当該作動圧 P_a に関するデータを電空変換装置20へ転送し、その後、振動センサ18及びチューニングボックス19は完全に取り外すようにしているが、チューニングボックス19を小型化して電空変換装置20と一体化するようにしてもよいことは勿論である。

【産業上の利用可能性】**【0107】**

本発明は工業用の配水や蒸気、液体等の供給管路のみならず、一般家庭の給水・給湯用配管路、半導体製造プラントの流体(液体)供給管路、化学薬品工業プラントの流体供給管路等へ適用することが出来る。その中でも、特に本願発明は、半導体製造用のチャンバ

【0108】

【図1】流体通路のウォータハンマーの発生状態の調査に用いた試験装置の回路構成図である。

【図2】試験装置に用いた電空変換装置の説明図であり、(a)は基本構成図、(b)はブロック構成図である。

【図3】電空変換装置5の入力信号I(入力電圧V)と出力圧力Pa(kgf/cm²・G)の関係を示す線図である。

【図4】管路内圧P₁を一定とした多段階式閉鎖に於いて、アクチュエータへの供給圧Paを変化させた場合の弁上流側管路L₁の内圧P₁の変化状態を示す線図であり、(a)はPaを5kgf/cm²・Gから直接0kgf/cm²・Gに閉鎖したとき、(b)はPaを5kgf/cm²・Gから1.9kgf/cm²・Gに落したあと0とした場合、(c)は5→1.66→0、(d)は5→1.65→0、(e)は5→1.62→0、(f)は5→1.62→0、(g)は5→1.50→0とした場合を示すものである。

【図5】管路内圧P₁を一定とした多段階式閉鎖に於けるアクチュエータへの駆動圧力Paと圧力上昇△P₁の関係を示す線図である。

【図6】管路内圧P₁を一定とした多段階式閉鎖に於いて、アクチュエータへの空気供給圧Paを変化させた場合のバルブストローク△Gの変化を示す線図であり、(a)はPaを5kgf/cm²・G(全開)→0(全閉)に、(b)は5kgf/cm²・G(全開)から1.9kgf/cm²・G(中間開度)にしたあと、0(全閉)に、(c)は5→1.66→0に、(d)は5→1.65→0に、(e)は5→1.62→0、(f)は5→1.50→0にした場合を示すものである。

【図7】管路内圧P₁を一定とした多段階式閉鎖に於けるバルブストローク△G(mm)と管路L₁の圧力上昇△P₁の関係を示す線図である。

【図8】タンク圧(管路内圧P₁)を変化させた場合の多段階式閉鎖(Pa=5→1.65→0kgf/cm²・G)に於ける管路内圧P₁の変化状況を示す線図であり、(a)はタンク内圧P₂=3kgf/cm²・Gのとき、(b)はP₂=2、(c)はP₂=1の場合を夫々示すものである。

【図9】図8の試験に於けるアクチュエータ作動圧Paとバルブストローク△Gの関係を示す線図であり、(a)はタンク圧力PTが3kgf/cm²・Gのとき、(b)はPT=2のとき、(c)はPT=1のときを夫々示すものである。

【図10】弁の多段階式閉鎖に於けるタンク内圧PTと、ウォータハンマーを防止できるアクチュエータ作動圧力Paの関係を示す線図である。

【図11】弁の多段階式閉鎖に於けるタンク内圧PTをパラメータとしたバルブストローク△Gと管路圧力上昇△P₁との関係線図である。

【図12】図11の要部の拡大図である。

【図13】本発明に係るウォータハンマーレスバルブ装置の全体構成図である。

【図14】本発明に係る流体通路のウォータハンマーレス閉鎖装置の第1実施例の全体構成図である。

【図15】本発明に係る流体通路のウォータハンマーレス閉鎖装置の第2実施例の全体構成図である。

【図16】図15のウォータハンマーレス閉鎖装置に於けるアクチュエータ作動圧Paの制御(図16のa)と振動発生の一例(図16のb)を示す説明図である。

【図17】本発明の第3実施例に係るウォータハンマーレス閉鎖装置の全体システム構成図である。

【図18】チューニングボックスのPC画面表示の概要図である。

【図19】電空変換装置の構成概要図である。

【図20】オートチューニング操作のフロー図である。

【図21】オートチューニング操作に於ける駆動圧力Paと発生する振動との関係の説明

係を示す線図である。

【符号の説明】

【0109】

P_T は水タンク内圧、L₁ はバルブ上流側管路、P₁ は管路内圧、P_a はアクチュエータ作動圧、P_{a0} は空気供給圧力、△G はバルブストローク、S_i はバルブ開閉指令信号、S_G はバルブストローク設定信号、S_R は駆動力制御信号、S_p はバルブストローク検出信号、1 は水タンク、2 は水タンク加圧源、3 は圧力センサ、4 は弁、4a はアクチュエータ、5 は電空変換装置、6 は弁駆動用ガス源、7 は信号発生器、8 はストレージオシロスコープ、10 はバルブ本体、11 はアクチュエータ、12 は自動駆動力制御器（自動圧力制御器）、13 は制御回路、14 はバルブストローク検出器（位置検出器）、15 は演算・記憶装置、16 は演算制御装置、17 は電空変換制御装置、18 は振動センサ、19 はチューニングボックス、20 は電空変換装置、T_C は閉鎖時間検出センサ、T は閉鎖時間検出信号、T_S は閉鎖時間設定信号、P₁ は圧力検出信号、P_M は許容圧力上昇値設定信号、P_r は振動検出信号、P_{rM} は許容上限振動圧力設定信号、P_s はステップ圧力設定信号、T_s はステップ圧力保持時間設定信号（閉鎖時間設定信号）、S_c は制御信号、S_e はアクチュエータ作動圧制御信号、S₀ はバルブのNO・NC切換信号、t はステップ圧力保持時間、P_{s'} はステップ作動圧である。

フロントページの続き

(72)発明者 永瀬 正明

大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号 株式会社フジキン内

(72)発明者 土肥 亮介

大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号 株式会社フジキン内

(72)発明者 池田 信一

大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号 株式会社フジキン内

(72)発明者 西村 龍太郎

大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号 株式会社フジキン内

F ターム(参考) 3H062 BB02 CC01 FF07 FF41 HH03 HH10

SH316 AA01 BB01 BB07 DD07 DD20 EE02 EE18 ES01 FF16 HH15

JJ09 KK02